CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Descripción de las características ambientales específicas del área en que se ubica la estación "La Aguada", relacionadas directamente con el diseño del sistema complementario de energía

Parque Nacional Sierra Nevada

Ubicado la cordillera de los Andes, al occidente del territorio venezolano, se caracteriza por ser la única zona del país con características alpinas, presentando cumbres cubiertas de nieve durante todo el año. Fue establecido como Parque Nacional en el Decreto N° 393, el día 2 de mayo de 1952. Abarca los municipios Rangel, Libertador y Campo Elías del Estado Mérida y los Distritos Bolívar y Pedraza del Estado Barinas, con una superficie que alcanza las 276.446 hectáreas. (INPARQUES, s.f.)

Las características geológicas del Parque Nacional Sierra Nevada giran en torno a un relieve con pendientes salvajes, con las máximas elevaciones del territorio nacional: los Picos Bolívar (4.980 m.s.n.m.), Humboldt (4.942 m.s.n.m.) y Bonpland (4.833 m.s.n.m.), con origen en el Precámbrico y Paleozoico. Su mayor elevación, el Pico Bolívar, es la causa más importante de conservación de este ecosistema y representó la justificación para su resguarde legal. (INPARQUES, s.f.)

Sistema Teleférico de Mérida

El Sistema Teleférico de Mérida es una filial de la empresa Venezolana de Teleféricos S.A. (VENTEL), que está adscrito al Ministerio del Poder Popular para el Turismo. Toda la información utilizada, relacionada a la empresa Sistema Teleférico de Mérida, fue extraída del manual de la empresa (s.f.).

Su historia se remonta a marzo de 1955 con la visita de la Empresa Applevage (actualmente inexistente), encargada por el Ministerio de Obras Públicas para efectuar el levantamiento topográfico en la Sierra Nevada con el fin de construir un medio que uniese a la ciudad con el hermoso Pico Bolívar. En noviembre del mismo año, el Presidente de la República, General Marcos Pérez Jiménez, declaró al país que se destinarían 40 millones de bolívares para la construcción de la importante obra, que debería ser terminada en dos años.

Se plantearon tres estaciones intermedias entre la estación de partida, ubicada en la prolongación de la calle Rangel de la ciudad de Mérida y la de llegada, en Pico Espejo. La tercera estación se ubicaría a 3.450 m. en un lugar cercano al conocido sitio denominado "La Aguada", donde por tantos años había vivido Domingo Peña, el Guía de la Sierra. Los detalles del proyecto señalaban hoteles, servicio de deportes de invierno y pista de patinaje. La intención era transformar a la ciudad en un rincón turístico por excelencia.

El teleférico de carga o de servicio estuvo prácticamente terminado para comienzos de 1958; suministrado por la compañía Heckel (alemana) y la firma Suiza Habbeger. Su inauguración oficial se dio en marzo del año 1960. Fue construido con una longitud total de 12,5 km, ascendiendo hasta 4.765 m. Sus cabinas fueron diseñadas con una capacidad de 36 personas, desplazándose a una velocidad de 5 $\frac{m}{s}$, realizando el recorrido en una hora y posibilitando el ascenso de 200 personas en el lapso de sesenta minutos.

Ubicación Geográfica del Sistema Teleférico de Mérida

En el ámbito del Parque Nacional Sierra Nevada, el trazado del Teleférico y cuatro de sus estaciones (La Montaña, La Aguada, Loma Redonda y Pico Espejo), se encuentran localizados entre la zona de Protección Integral y la zona Primitiva o Silvestre, específicamente en la Zona de Uso Especial Teleférico de Mérida y sus Áreas de Influencia, tal como lo indica la figura 22.

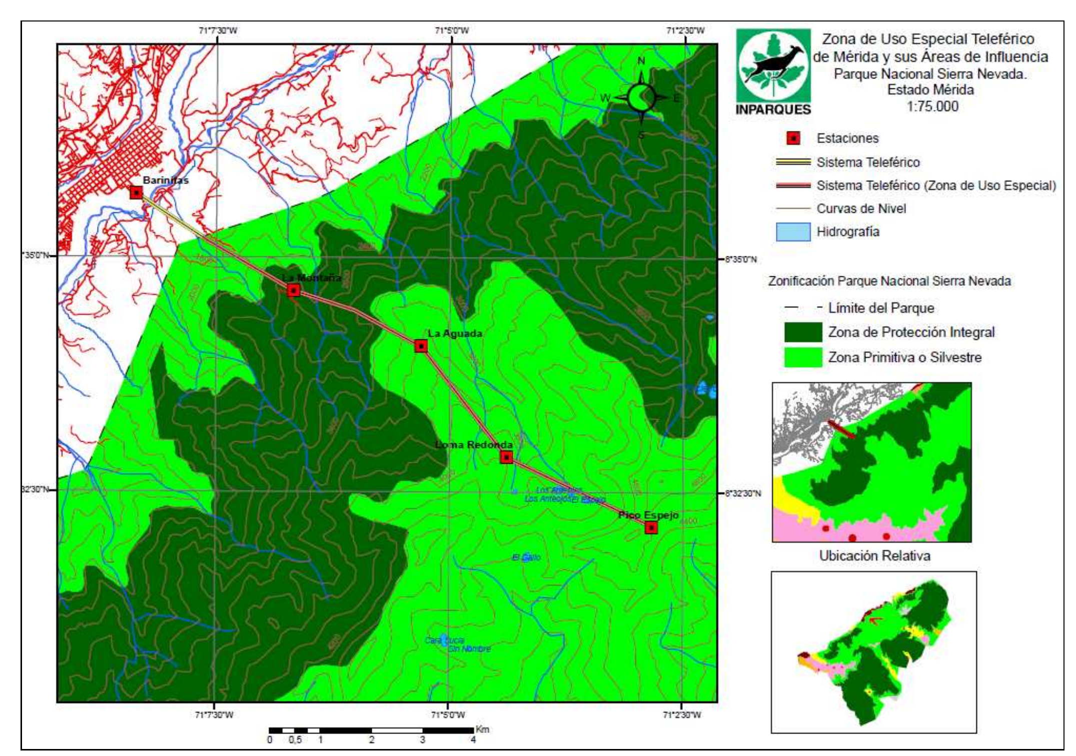


Figura 22**. Zona de uso especial Teleférico de Mérida y sus áreas de influencia.** (Sistema teleférico de Mérida, Departamento de ingeniería y construcción, 2011).

Las instalaciones del Sistema Teleférico de Mérida se encuentran ubicadas tanto al final de la calle 24 frente a la Plaza Las Heroínas, Parroquia El Sagrario, Municipio Libertador, al suroeste de la ciudad de Mérida, como dentro del Parque Nacional Sierra Nevada. Se extienden desde un punto sur-oriental de la Terraza de Mérida (Estación Barinitas), longitud 71º 08’ 30” y latitud 08º 11’40” y el contra fuerte nor-occidental de la Sierra Nevada (Pico Espejo) longitud 71º 03’ 21” y latitud 08º 08’06” como se puede observar en la figura 23.

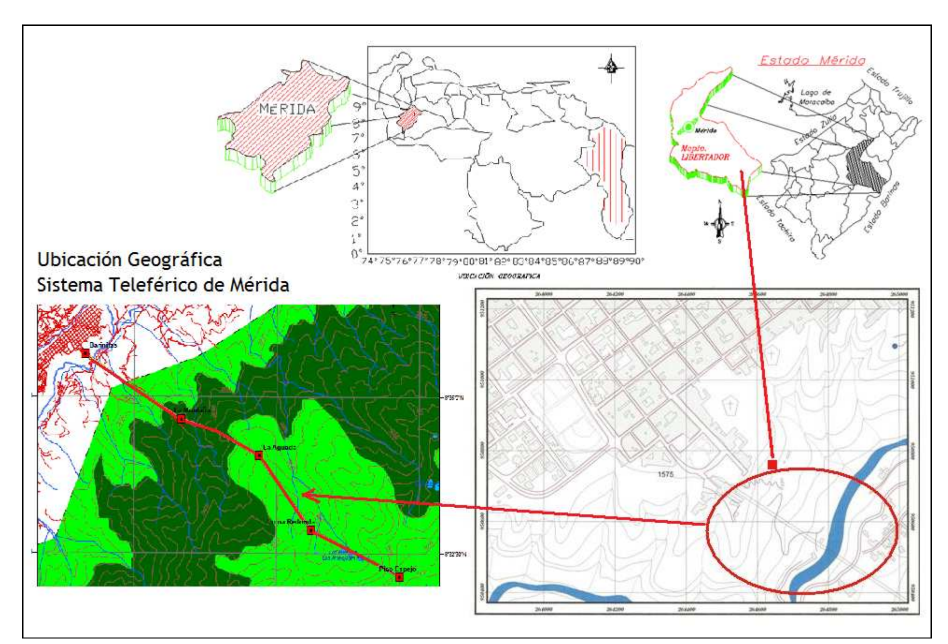


Figura 23. **Ubicación relativa al estado Mérida del Sistema Teleférico de Mérida.** (Sistema teleférico de Mérida, Departamento de ingeniería y construcción, 2011).

Visión del Sistema Teleférico de Mérida

Consolidar el Sistema Teleférico de Mérida como el mejor prestador de servicios turísticos de su área por excelencia en el ámbito nacional e internacional, dentro de un enfoque integrador de inclusión y bienestar social, aspirando a los más altos niveles de eficiencia organizacional y proyectando la imagen de una Venezuela multi-destino.

Misión del Sistema Teleférico de Mérida

Ofrecer servicios de transporte por cable a los distintos usuarios del Teleférico, para satisfacer las necesidades de recreación, esparcimiento, aprendizaje y disfrute de la naturaleza; ubicado en el Parque Nacional Sierra Nevada, promoviendo el desarrollo de actividades eco-turísticas, resaltando los valores, costumbres del andino, su acervo cultural y tradiciones.

Componentes Administrativos y Electromecánicos

Componentes Administrativos. La filial cuenta con un equipo multidisciplinario de profesionales capacitados para ejercer tareas correspondientes a las áreas laborales de administración, atención al cliente, operación, mantenimiento e ingeniería, seguridad y limpieza, recursos humanos y gerencia general. Actualmente el esquema de las funciones laborales está siendo constantemente modificado, por la modernización del sistema, lo cual se explicará con detalle más adelante.

Componentes Electromecánicos. Las instalaciones mecánicas del teleférico están compuestas básicamente por los siguientes elementos:

- Estaciones
- Cables
- Carro suspensión y cabina
- Torres
- Reductores
- Armarios de control y potencia
- Pupitres de control

Tramos y Estaciones

El Sistema Teleférico de Mérida presenta 5 estaciones, establecidas en 4 tramos. La estación de menor altura es la Estación Barinitas (1.591,46 m.s.n.m), le siguen la Estación La Montaña (2.455,63 m.s.n.m), La Aguada (3.465,78 m.s.n.m), Loma Redonda (4.058,69 m.s.n.m), y finalmente Pico Espejo, en lo más alto (4780,25 m.s.n.m).

Las estaciones se dividen en dos tipos, dependiendo de la función mecánica que desempeñen: Estación Motriz y Estación de Reenvío; la primera es aquella donde se encuentra todo el equipo que permite la generación de la fuerza electromecánica para el desplazamiento de las cabinas. Ahí se encuentran los motores eléctricos, los

armarios de control y de potencia, los reductores, los contrapesos, las plantas electrógenas, los pupitres de control, es decir, todos los componentes que permiten el control y acondicionamiento de los tramos. A este tipo corresponden las estaciones: Montaña (primer y segundo tramo) y Loma Redonda (tercer y cuarto tramo). El segundo tipo corresponde a aquellas estaciones donde simplemente se realiza el reenvío de los cables tractores, en este caso, Barinitas, La Aguada y Pico Espejo.

Para indicar las principales características del entorno de las estaciones que comprenden el Sistema Teleférico de Mérida, se hará una descripción de los tramos correspondientes:

Tramo 1: Barinitas – La Montaña. Con una longitud de 3.294 m, desde donde se puede observar el cañón del Río Chama desde el centro de la ciudad de Mérida y sobre la comunidad de Jacinto Plaza. Ahí existen plantaciones de hortalizas y cafetales hasta dispersarse entre selva nublada, característica típica de la zona andina alta y húmeda.

Tramo 2: La Montaña – La Aguada. Su longitud es de 3.113 m, por ende es el recorrido más largo. Aquí ocurre un cambio importante en la vegetación, pasando desde bosque denso y alto a bosques medios y bajos y hasta la flora característica de páramo. El punto más alto de la cabina en la ruta llega a los 350 m de altura.

Tramo 3: La Aguada – Loma Redonda. La longitud de este tramo es de 2.707 m. Hacia el oriente se observa el Glaciar de la Concha y los ventisqueros de Pico Bolívar, también el camino de recuas, que conduce de la comunidad de los Nevados.

Tramo 4: Loma Redonda – Pico Espejo. La distancia entre ambas estaciones es de 3.071 m. En el camino se observa parte de la vista mencionada en el tramo anterior en juego con las lagunas, conduciendo la ruta hasta la “Cresta del Gallo”. Hacia el noroeste se observan las vertientes del Pico Bolívar, Hacia el oriente es posible divisar las cumbres gemelas de los Picos Humboldt y Bondpland, vestigios del glaciar de Timoncitos, y al norte se aprecia el Parque Nacional Sierra de la Culata. Al sur, en días con cielo despejado, se pueden distinguir la Sierra del Cocuy en Colombia, y al sur, los llanos venezolanos.

Proyecto de Modernización del Sistema Teleférico de Mérida

La Filial cerró sus operaciones turísticas a partir del 08 de agosto de 2.008 y en virtud del reconocimiento por parte del Gobierno Nacional, por medio del Ministerio Popular de Turismo y VENTEL, de la necesidad de modernizar este activo de gran importancia, se realizaron las negociaciones con la Empresa Austriaca Doppelmayr, dedicada a la tecnología en el campo de teleféricos a nivel mundial. La empresa se ha encargado de planificar obras importantes para el rediseño del Sistema, llevando a cabo los siguientes objetivos en el marco de Modernización:

· Modernizar el Sistema Electromecánico del Teleférico Principal, optimizando los indicadores de eficiencia, seguridad y confort, aprovechando parte de la infraestructura original.

· Recuperar la infraestructura física integral de cada una de las cinco (5) estaciones que componen el Sistema Teleférico de Mérida, optimizando sus servicios básicos.

· Recuperar el Teleférico de Carga como línea estratégica para garantizar el avance de los trabajos de modernización electromecánica y mejoramiento físico, con el propósito de optimizar los programas permanentes de mantenimiento preventivo y correctivo para todas las estaciones.

· Ejecutar los estudios pertinentes (ambientales y físicos) necesarios para la puesta en marcha de las obras en base a la condición particular de la zona.

Estación "La Aguada"

La estación "La Aguada" (Figura 24) se encuentra en el grupo de estaciones de reenvío. Desde el punto de vista turístico, su función más importante es permitir el traspaso eficaz de los usuarios desde el tramo 2 al tramo 3, para continuar con el paseo, permitiendo que los mismos realicen cómodamente el cambio de una cabina a otra mientras contemplan el paisaje que ofrece el piso climático correspondiente a la altura de la estación.



Figura 24. **Vista de “La Aguada” desde el tramo 2.** (Sistema teleférico de Mérida, Departamento de ingeniería y construcción, 2011).

Ubicación Geográfica de la estación “La Aguada”

La estación “La Aguada” se encuentra a una altitud de casi 3.466 m. sobre el nivel del mar. Sus coordenadas geográficas corresponden a 8°9’ de latitud Norte y 71°2’ longitud Oeste. En la figura 25 se pueden observar sus principales características topográficas.

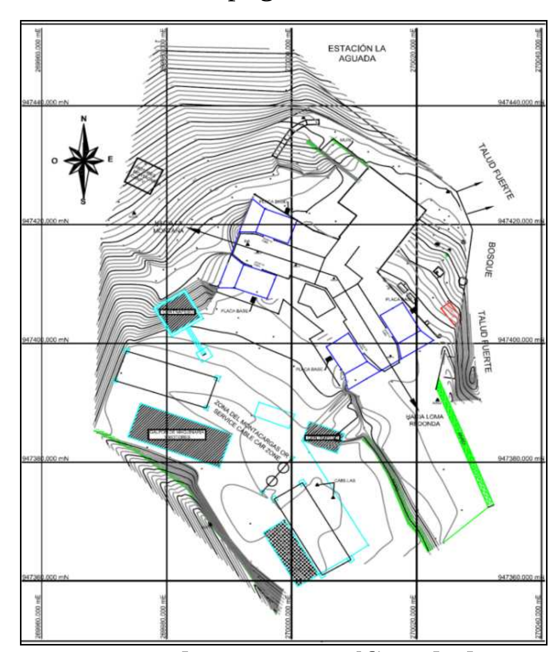


Figura 25. **Plano Topográfico de la estación “La Aguada”** (Sistema teleférico de Mérida, Departamento de ingeniería y construcción, 2011).

Características ambientales de la zona en que se ubica la estación “La Aguada”

Geología y suelo

Puntualmente, en la estación el material es detrítico con abundante pedregosidad, con intensa meteorización física, poco consolidado, arcilloso, derivado de rocas metamórficas, y gneises. Se puede observar parte de esto en la figura 26.



Figura 26. **Suelo en el entorno de la estación la Aguada.** (Fotografía propia, 2011)

Hidrografía

En la ruta del teleférico es posible visualizar varios cuerpos de agua que tienen gran importancia para el equilibrio ecológico del parque nacional. Sin embargo, el recurso hídrico que se encuentra relativamente cerca a la estación "La Aguada" es tan sólo uno: la quebrada La Fría, que se puede ver en la Figura 27, en el trayecto de Montaña a Loma Redonda. Se puede llegar a ella caminando desde la estación unos 40 minutos. Es una micro-cuenca bien conservada, de régimen permanente. Su naciente está localizada cerca del Pico El Toro, a una altitud de 4.750 m. Ocupa un área de 14 km^2, y una longitud de 9 km, aproximadamente. Su configuración es alargada, relativamente estrecha.


Figura 27. **Quebrada la Fría.** (fotografía propia 2011)

Existe un cuerpo de agua que se ve afectado indirectamente por las acciones tomadas en la "La Aguada", y es la quebrada El Volcán, esto se debe a que la estación se localiza sobre las nacientes de un pequeño afluente de esta quebrada. La quebrada El Volcán es un cuerpo de agua de régimen permanente y torrencial, de menor importancia hídrica que la quebrada La Fría, de cauce rectilíneo, orientado en dirección sur-norte, con una longitud de 5.000 m. aproximadamente, con un área tributaria 5,0 km^2 dentro de una micro-cuenca alargada y muy estrecha, donde se generan escurrimientos rápidos de las aguas de las lluvias hacia las partes bajas adyacentes al rio Chama.

Clima

Para estudiar el clima del entorno de "La Aguada", se observó que en el tramo Montaña – La Aguada las temperaturas fluctúan entre los 9 a 12 ºC y la precipitación varia de 1.800 a 2.000 mm, ya que corresponde a un piso climático frío. En el área de transición se registran temperaturas de 6 y 8 ºC y precipitaciones entre 1.200 y 1.400 mm anuales, correspondiendo al piso climático Páramo frío. Ya para el tramo siguiente, el lado opuesto al anterior en "La Aguada", en el Páramo Pastizal Húmedo se registran temperaturas que oscilan entre los 3 y 5 ºC; la precipitación promedio es de 1.300 mm. Esto corresponde al piso climático Páramo muy Frío. Específicamente, en la estación la temperatura varía entre 6 y 12 ºC.

Vegetación

La altura de la estación indica, según la Figura 28, que la unidad ecológica en la que se ubica la estación es el Páramo, abarcando entre los 3.200 y los 4.000 m.s.n.m. El páramo se caracteriza por presentar un mosaico de comunidades arbustivas y herbáceas, de alturas entre los 50 y 150 cm (Ataroff y Sarmiento 2003). La cobertura vegetativa en este caso es cerrada y por esta razón parte del suelo en los alrededores es poco desnudo.

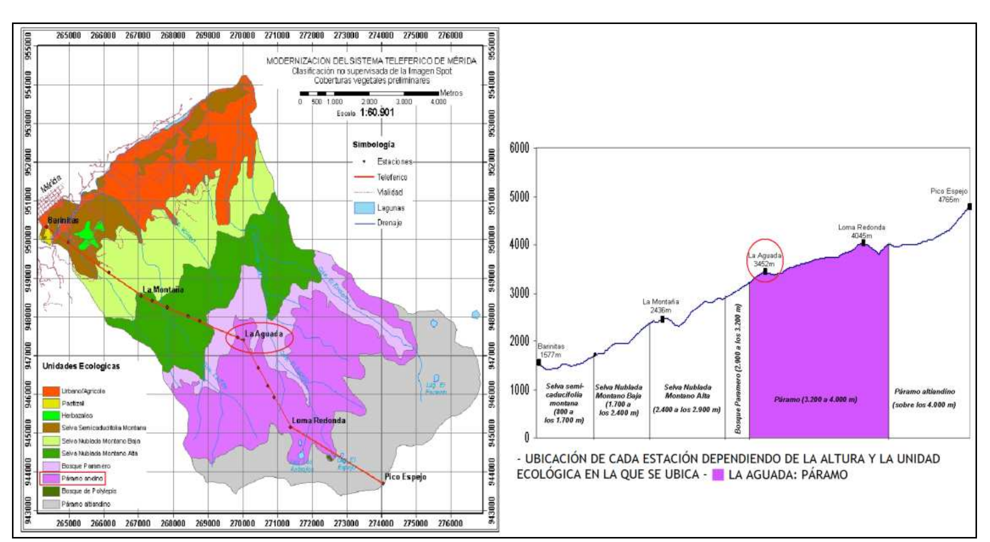


Figura 28. **Gradientes altitudinales con sus unidades ecológicas.** (PROCONSULT, 2010)

Llegando a la estación es posible observar una formación de Páramo Pastizal Húmedo de Umbría. La Formación Pastizal está dominada por gramíneas, arbustos de hojas coriáceas, plantas arrosetadas y almohadilladas. Las formas de vida con mayor presencia son las gramíneas en macolla, las rosetas bajas y los arbustos.

En las vertientes de exposición noroeste se ven dos estratos bien definidos de plantas: el primero conformado por especies en rosetas, entre ellas la *Espeletia schultzii* o Frailejón (Figura 29.1) establecida en grandes extensiones, siendo una planta arrosetada, siempre verde. Y el segundo estrato, por hierbas gramíneas de

menos de 500cm, briofitas y helechos. Abundan los musgos. **.** (PROCONSULT, 2010)

En las adyacencias a la estación se aprecian: la hierba de oso ó *Acaena Cylindrostachya* (Figura 29.2), el chispeador ó *Chaetolepis sp*. (Figura 29.3), el chocho amarillo ó *Lupinus Meridanus* (Figura 29.4) y la cebolla de páramo ó *Ottoa Oenanthoides* (Figura 29.5)**.** (PROCONSULT, 2010)

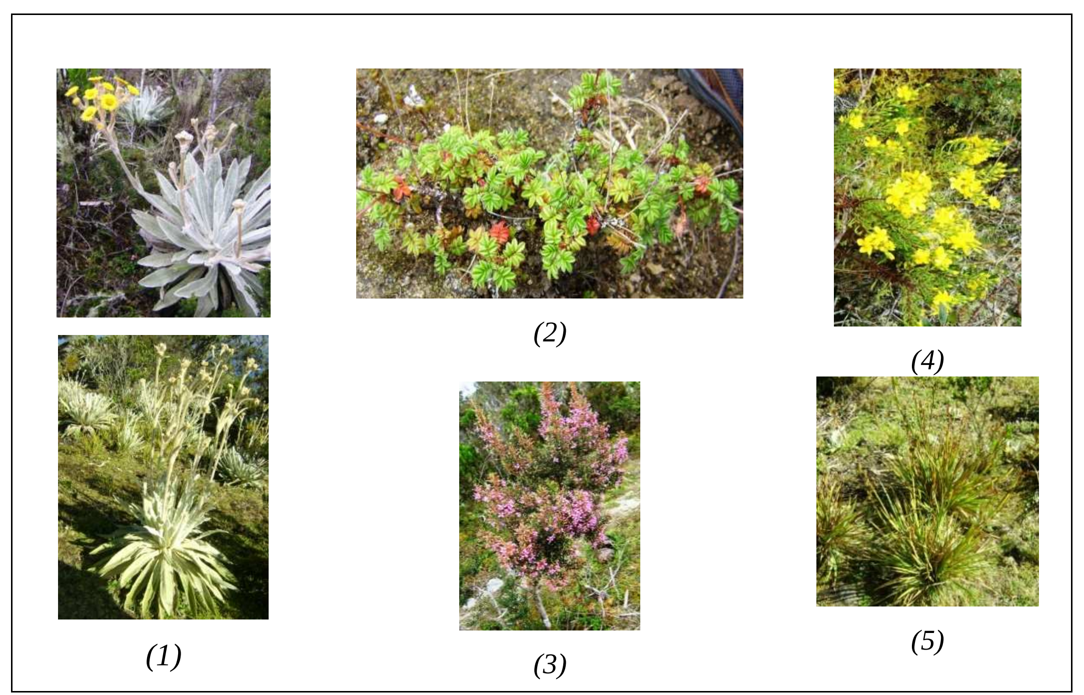


Figura 29. **Vegetación. .** (fotografías propias 2011)

Fauna

En la zona de influencia del proyecto de modernización, es decir, a lo largo de la ruta del teleférico, existe una lista numerosa de especies en las que resaltan más de 10 anfibios, 22 reptiles, 55 mamíferos, 188 especies de aves y muchos peces. Unas 15 especies de vertebrados se encuentran en peligro de extinción, con diferentes grados de amenaza, destacándose: el anuro o sapito amarillo de Mérida, el oso frontino y el perico multicolor, con niveles críticos de peligro, entre otros. (PROCONSULT, 2010)

Sin embargo, en las adyacencias de la estación “La Aguada” difícilmente se pueden reconocer muchos de los antes mencionados, ya que casi su totalidad se desarrollan en las profundidades del parque nacional. Es posible observar algunos conejos parameros y perros comunes. Igualmente la presencia de algunos caballos, según entrevistas aleatorias realizadas a parte del equipo de trabajo de la empresa, específicamente de la estación. En la quebrada la Fría es posible ver algunos patos, y truchas. También se observa, en baja proporción, parte de la micro-fauna, característica del páramo andino. (PROCONSULT, 2010)

Las aves que se acercan a la estación son: Semillero desairado *(catamenia inornata);* correporsuelo ó copetón *(zonotrichia capensis);* pitajo ahumado *(ochthoeca fumicolo),* meneacola *(cinclodes fuscus);* sietecolas *(leptasthenura andicola);* miracielito *(anthus bogotensis);* sobrevolando con importante presencia el águila real en la figura 30 *(Geranoetus melanoleusus australis).* (PROCONSULT, 2010)

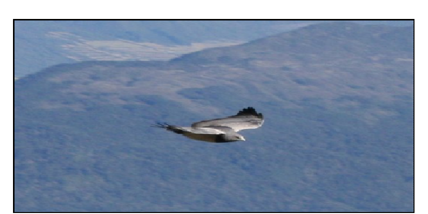


Figura 30. **Águila Real observada desde el Teleférico de Mérida en el tramo La Aguada - Loma Redonda**. (PROCONSULT, 2010)

Habitantes y comunidades

Cerca de la estación no existen comunidades aledañas. Existe una casa de familia a unos 20 minutos, caminando desde la estación (Figura 31), con gran importancia histórica pues perteneció a Domingo Peña, primer guía de montaña en el parque, y actualmente es habitada por sus descendientes. La filial Sistema Teleférico de Mérida se encarga de suministrar electricidad en la casa y pronto, debido a que la “Casa Peña” sirvió de albergue a las más notables expediciones de notoriedad científica realizadas en la Sierra Nevada, será honrada como patrimonio histórico del

andinismo venezolano, se convertirá en un atractivo turístico aledaño a la estación, como Museo del Andinismo.



Figura 31. **Casa de Domingo Peña.** (fotografía propia 2011)

Situación ecológica actual

El mapa de la figura 32 muestra los diferentes niveles de sensibilidad por área demostrando que la Aguada se encuentra en la unidad de bosque paramero, con pertubación moderada, sensibilidad moderada alta, debido a la fragilidad de sus suelos, que declaran procesos erosivos localizados en los bordes de las caminerías. **.** (PROCONSULT, 2010)

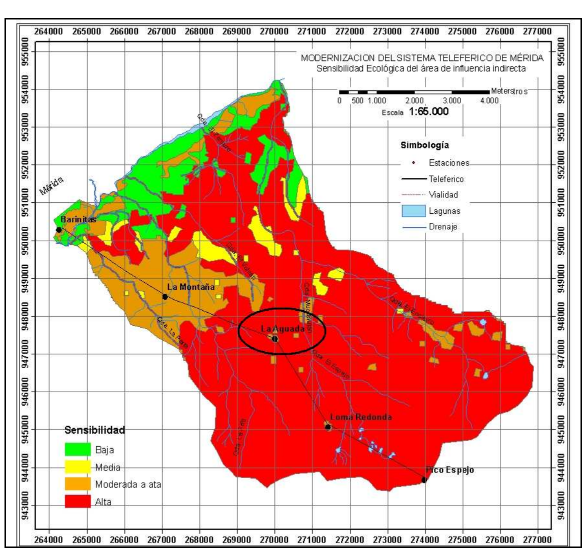


Figura 32. **Mapa de sensibilidad ecológica del área de influencia indirecta del proyecto.** (PROCONSULT, 2010)

Descripción de las características estructurales de la estación "La Aguada" para antes y después del proyecto de modernización.

Componentes externos de la estación

A continuación se muestran todos los espacios existentes en el entorno directo al componente arquitectónico de la estación y su utilización. Esto se realizó con el fin de tener conocimiento de todas las áreas disponibles y no disponibles cerca de la edificación para que, a la hora de tomar la decisión con respecto al lugar que ocupa cada componente del sistema energético complementario y su implementación, se haga una correcta elección que cumpla con las condiciones requeridas para su mejor funcionamiento; además, para estudiar la repercusión de su instalación alrededor del mismo.

La atención al público en la estación "La Aguada" está conectada directamente al componente mecánico, debido a que la cabina despacha a los usuarios a un corredor que les permite acceder al interior de la estación, en la que reciben las indicaciones necesarias para conocer el exterior y esperar cómodamente su trasbordo a la cabina correspondiente al recorrido del siguiente tramo.

El componente mecánico incluye todas las piezas electromecánicas del teleférico, y se encuentran colocadas tanto en el interior como en el exterior de la estructura, pudiéndose observar en la figura 33 la ubicación de las principales, (galpón de motor y maquinaria, contrapeso, cabinas, zona de alta tensión) con respecto al componente arquitectónico o zona de estudio.

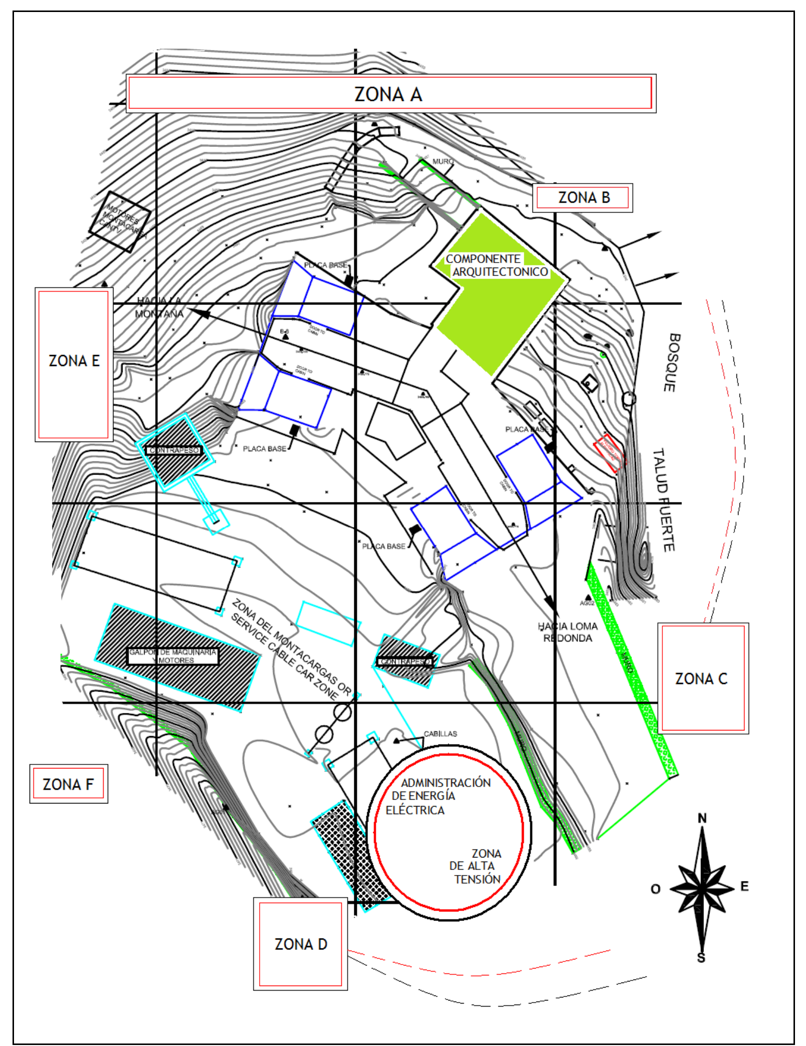


Figura 33. **Componentes externos en el entorno de la estación.** (Elaboración propia, 2011)

La descripción de las principales zonas que limitan la estación es la siguiente

La ZONA A. Abarca el Norte del sector La Aguada y está destinada a la recreación e información, con espacios abiertos al público, caminerías, carteleras y miradores.

La ZONA B. Se encuentra en el sector Noreste de la estación, a menos de 10 m. de las instalaciones. En ella se ubica el sistema de tratamiento de aguas servidas de la estación.

La ZONA C. Se extiende en desde el Este hasta parte del Sur de la estación, no hay presencia de ningún elemento construido perteneciente al sistema teleférico, tan sólo la naturaleza que acompaña la ruta hasta la estación Loma Redonda.

La ZONA D. Está ubicada hacia el Sur del terreno y presenta una colina en la que están instaladas diferentes antenas repetidoras de algunas empresas nacionales e internacionales de telecomunicaciones y organismos gubernamentales. También ahí se encuentra el tanque de almacenamiento para el suministro de agua potable de la estación.

La ZONA E. Señala el Este, se encuentra principalmente a la llegada, tanto de la cabina del teleférico de carga como la del público general; por tanto, parte de los elementos mecánicos acompañan el paisaje que ofrece esta dirección.

La ZONA F. Indica el Suroeste de la estación, en ella se encuentra la estación de Venevisión.

En los anexos A se pueden observar fotografías de las áreas mencionadas anteriormente. Igualmente en los anexos B se muestran los principales componentes electromecánicos de la estación.

Características del edificio actual

La estación “La Aguada” funcionó hasta el año 2008 (Anexos C), ofreciendo servicio de cafetín, enfermería, baños, y un museo de montañismo al público en general, en tres niveles de la edificación. Actualmente se encuentra desmantelada, en fase de modernización, (Figura 34), contando tan sólo con los servicios básicos esenciales de luz y baño para que el personal operativo pueda realizar su trabajo. En los anexos D se puede observar la fachada actual de la estación.



Figura 34. **Estación "La Aguada", vista desde el suroeste.** (Fotografía propia, 2011)

La distribución actual de los servicios se presenta de la siguiente manera:

Nivel Sótano. (Figura 35) Durante su funcionamiento tenía un espacio destinado a depósito. Actualmente su función es la central de la radio, comunicación interna entre operadores del sistema.

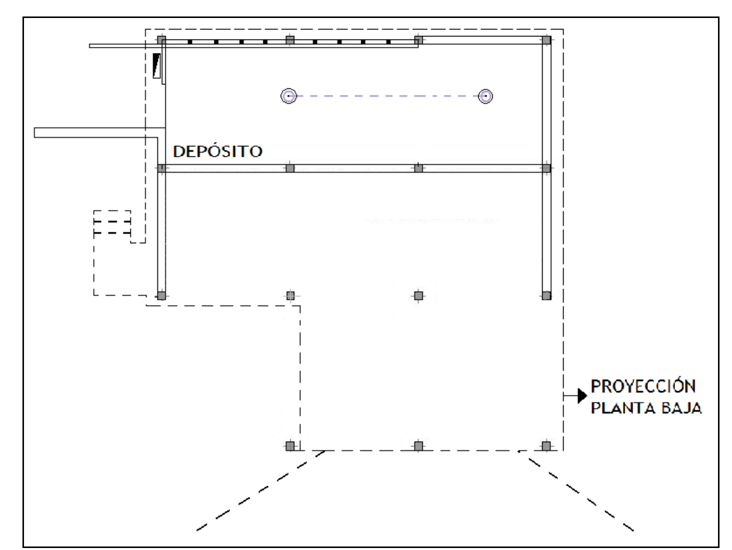


Figura 35. **Esquema nivel sótano antes de la modernización.** (Elaboración propia, 2011)

Nivel Planta Baja. (Figura 36) Comprende el Mirador, la cocina, la habitación del personal que pernocta y el museo.

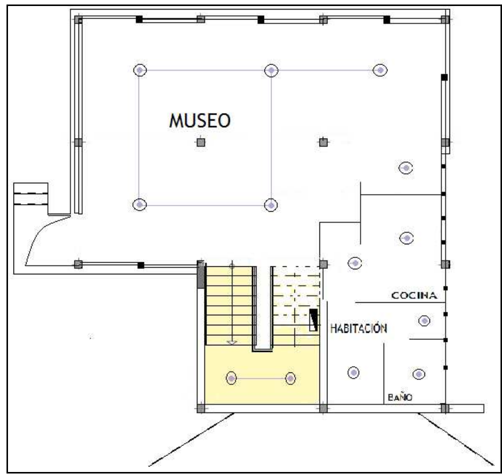


Figura 36. **Esquema nivel planta baja antes de la modernización** (Elaboración propia, 2011)

Nivel Planta Alta. (Figura 37) Con espacio para la cafetería, además de los baños, y la enfermería, anexo al nivel andén, con el recorrido entre la llegada desde la estación la Montaña y la salida a la estación Loma Redonda, y viceversa.

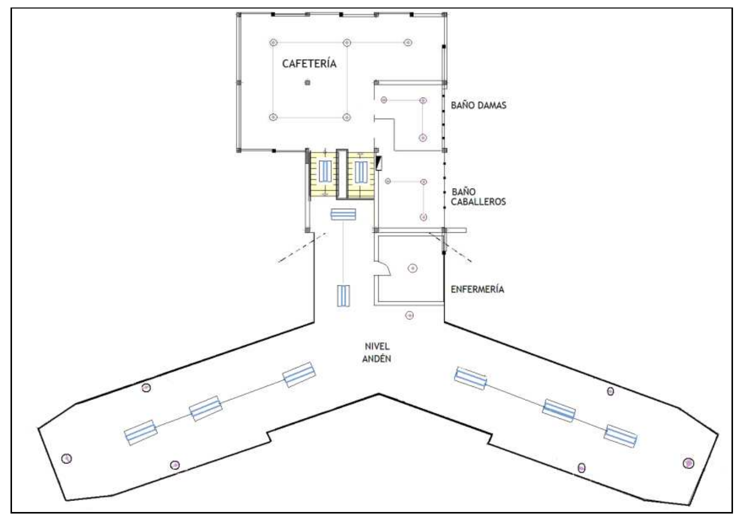


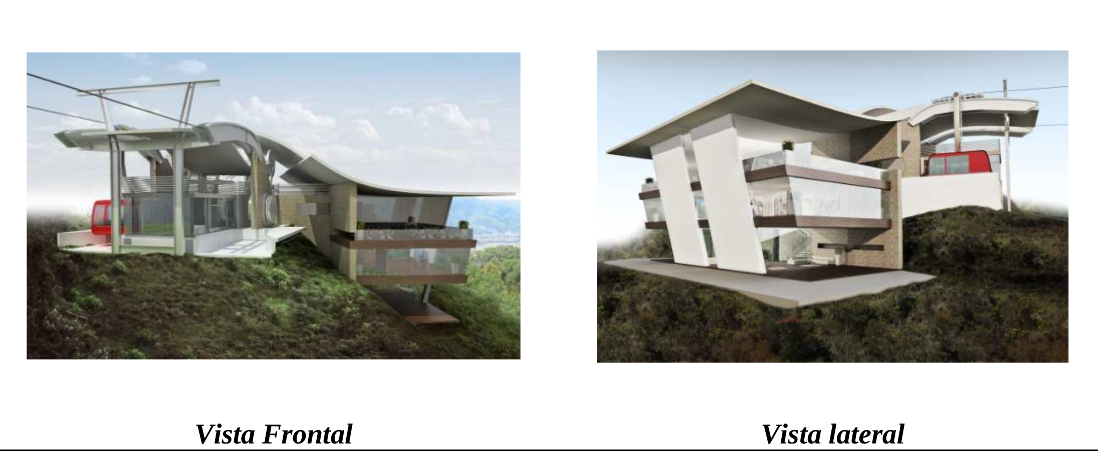
Figura 37. **Esquema, nivel planta alta antes de la modernización** (Elaboración propia, 2011)

Descripción de la estación "La Aguada" con la modernización

La propuesta arquitectónica del proyecto de modernización tiene como objetivo general concebir un lugar de óptimas cualidades espaciales, que sirvan para ofrecer un mejor servicio turístico al usuario, fomentando así el turismo nacional e internacional. A través de una arquitectura pensada en la integración del espacio y el ser, manteniendo el concepto de la arquitectura original y descartando el impacto de nuevas áreas al Parque Nacional Sierra Nevada.

Por esta razón, la "nueva" estación "La Aguada" pretende mantener la función que siempre ha tenido, que es la de un museo de montañismo e historia del Sistema Teleférico de Mérida como tema central del lugar, pero con el estilo minimalista y moderno de la arquitectura seleccionada para el proyecto en general.

La fachada de la estación cambiará totalmente (figura 38), en ella predominará una suave curva que forma el techo, conformado por una estructura metálica de cercha tridimensional, cubierta en su exterior por láminas metálicas galvanizadas con aislamiento interno. La parte interior tendrá igualmente un plafón de yeso que esconde la estructura y a la vez sirve para la ubicación de la iluminación del espacio.



Vista Frontal ***Vista lateral***

Figura 38. **Propuesta arquitectónica para la fachada de la estación.** (Sistema teleférico de Mérida, Departamento de ingeniería y construcción, 2011).

A pesar del gran cambio externo, no se aumentará significativamente la dimensión de la estructura, más bien se redistribuye los espacios en su interior, para disponer todas las áreas requeridas por el concepto en tres niveles, el mismo número de niveles que tiene la estación actual (Figura 39).

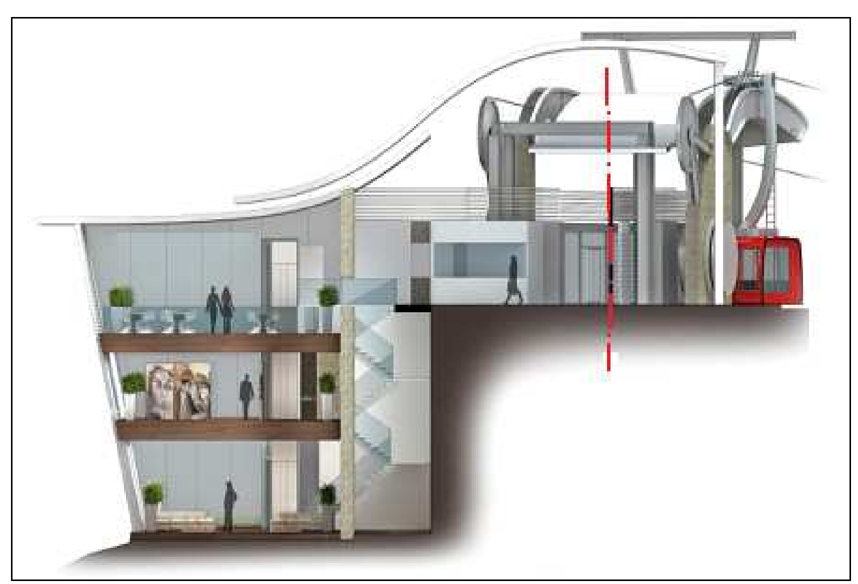


Figura 39. **Propuesta arquitectónica, corte transversal de la estación.** (Sistema teleférico de Mérida, Departamento de ingeniería y construcción, 2011).

Los componentes mecánico y arquitectónico de la estación se separan en el nivel andén, permitiendo que el usuario tenga un acceso directo a la edificación al realizar el intercambio de cabina. El componente arquitectónico (figura 40) corresponde al área de influencia del presente estudio.

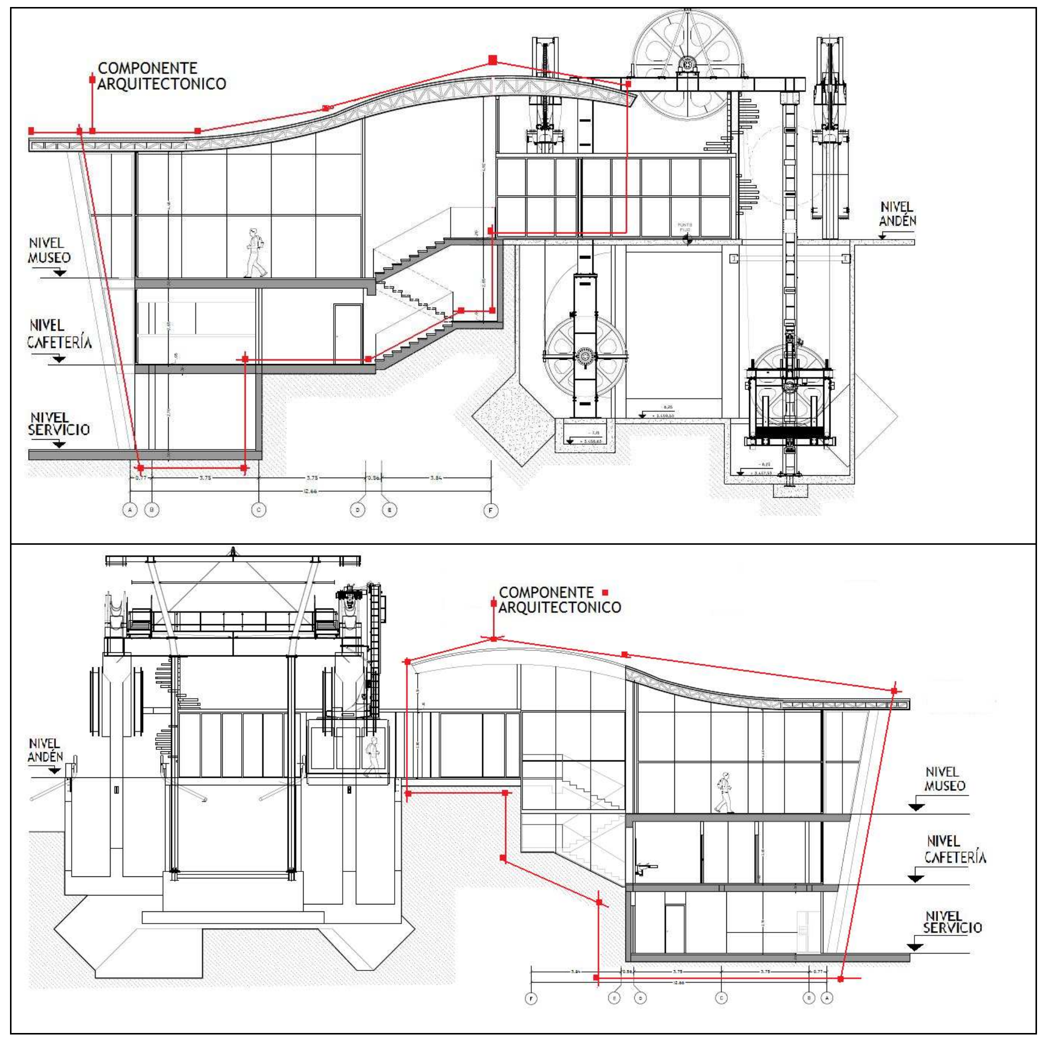


Figura 40. **Adaptación, propuesta arquitectónica, componente arquitectónico de la estación, corte transversal desde ambos lados.** (Sistema teleférico de Mérida, Departamento de ingeniería y construcción, 2011).

Descripción de la nueva distribución por niveles:

Acceso a la estación en Nivel Andén y Nivel Museo. (Figura 41). Al descender de la cabina que viene de la estación La Montaña, y antes de hacer el traspaso a la siguiente, el usuario se ubicará justo en el pasillo señalado con el color amarillo. Este se encuentra al mismo nivel del andén y permite el acceso a la estación, abarca un área aproximada de 10 m^2.

El usuario se encuentra con las escaleras que lo llevarán a descender una altura cercana a 1 m. al nivel Museo. Este espacio se puede ver de color morado (23,3 m^2 aproximadamente). Se instalará un ascensor (señalado con la cruz de color rojo) para la facilitar la movilización de las personas incapacitadas. Al lado del ascensor se encontrará un depósito, señalado de color gris, con un área cerca de 4,3 m^2.

El espacio que resta mencionar, señalado en su totalidad con el color azul, es el hall del museo, destinado a la distribución de las exposiciones a presentar. Su área tiene aproximadamente 245 m^2. Al seguir el recorrido de las escaleras, el usuario accederá automáticamente al Nivel Cafetería.

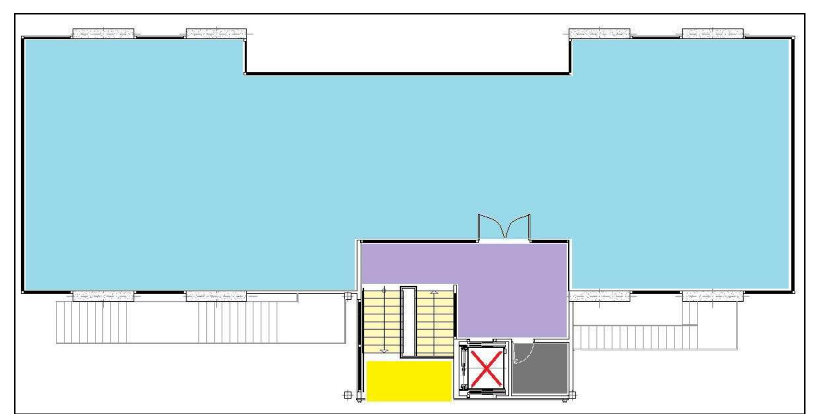


Figura 41. **Adaptación, esquema, nivel andén y museo después de la modernización.** (Sistema teleférico de Mérida, Departamento de ingeniería y construcción, 2011).

Nivel Cafetería ó Nivel Mezzanina. (Figura 42). Este nivel presenta una terraza, que permitirá que el usuario interactúe en presencia de una vista panorámica del paisaje que rodea la estación, en dirección hacia la ciudad de Mérida. La terraza, señalada de color verde en la figura, abarca un área de casi 38 m^2. Seguido de la terraza se encuentra, de color azul claro, el espacio que dispondrá de 9 mesas con 4 sillas cada una, pertenecientes a la cafetería, junto al mostrador, donde se despacharán los servicios que ofrece la misma, ocupando aproximadamente unos 115 m^2.

El espacio de color morado pertenece a la cocina de la cafetería, que abarca cerca de 10 m^2. Los servicios que ofrece este nivel son: baño para damas (color rosado) con 5 sanitarios y 4 lavamanos; baño para caballeros (color azul oscuro) con 5 sanitarios, 4 lavamanos y 2 urinarios; baño para discapacitados (verde agua); y enfermería con tres camas y un área de 10,15 m^2 (color naranja). Los baños cuentan con un área total cercana a 46,9 m^2.

En color gris se pueden observar dos depósitos, el de mayor tamaño en la esquina superior izquierda tiene un área de 13 m^2, y el de menor tamaño, ubicado junto al ascensor, tiene un área de 5,17m^2. En gris oscuro, al lado derecho del ascensor, está el cuarto para el *lavamopas* y demás utensilios de limpieza se señala con gris oscuro.

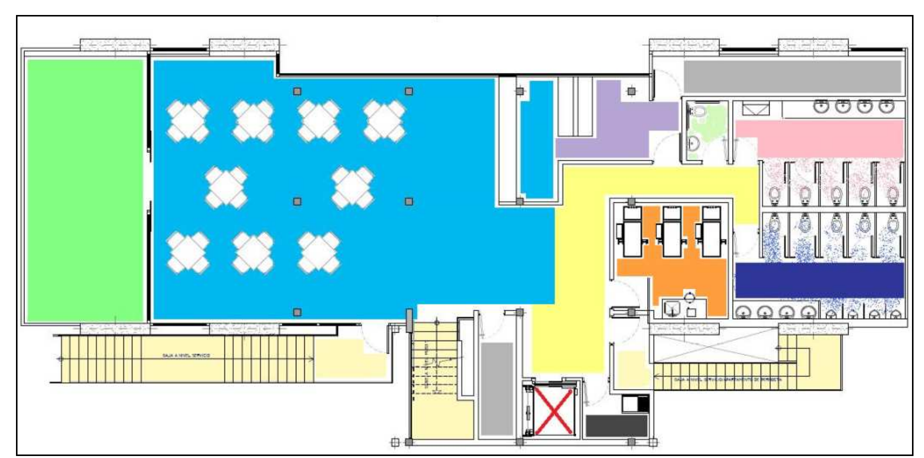


Figura 42. **Adaptación, esquema, nivel cafetería después de la modernización.** (Sistema teleférico de Mérida, Departamento de ingeniería y construcción, 2011).

Nivel Servicio. (Figura 43). Este nivel se encuentra debajo del Nivel Cafetería, y se presta para el acceso directo a las áreas verdes de la estación a través de caminerías, hasta llegar a los miradores. Este espacio abierto está representado por el color verde y abarca un área aproximada de 60 m^2. Opuesto a dicho espacio se encuentra el apartamento del personal pernocta (trabaja en la estación a tiempo completo).

El apartamento consta de cocina, comedor y lavadero (de color amarillo) abarcando un área de 45 m^2 aproximadamente. La habitación con closet, representada con color morado, ocupa 13,2 m^2, y un baño con menos de 4 m^2 de espacio libre (azul). En la figura, la línea punteada representa la proyección del techo continuo, es decir, el piso del nivel que está sobre él, que corresponde al Nivel Cafetería.

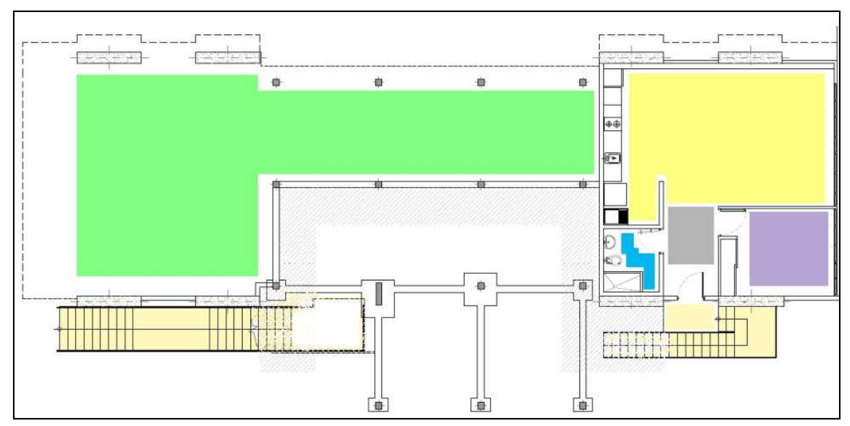


Figura 43. **Adaptación, esquema, nivel servicio después de la modernización.** (Sistema teleférico de Mérida, Departamento de ingeniería y construcción, 2011).

Espacio disponible

La memoria descriptiva de la arquitectura para el proyecto de modernización menciona la posibilidad de la instalación de elementos complementarios energéticos, basados en energías renovables, indicando que en el techo se deja abierta la opción de instalación de paneles fotovoltaicos.

El techo de la obra civil de la estación (figura 44) será el único lugar que no se verá realmente afectado por la disposición de los paneles, ya que sobre él no se planifica la disposición de ningún otro elemento arquitectónico o electromecánico. A diferencia del actual (Anexos E), en el que se dispone parte del elemento mecánico de la estación. Abarcará aproximadamente 500 m^2, valor que no se diferencia significativamente de su área actual.

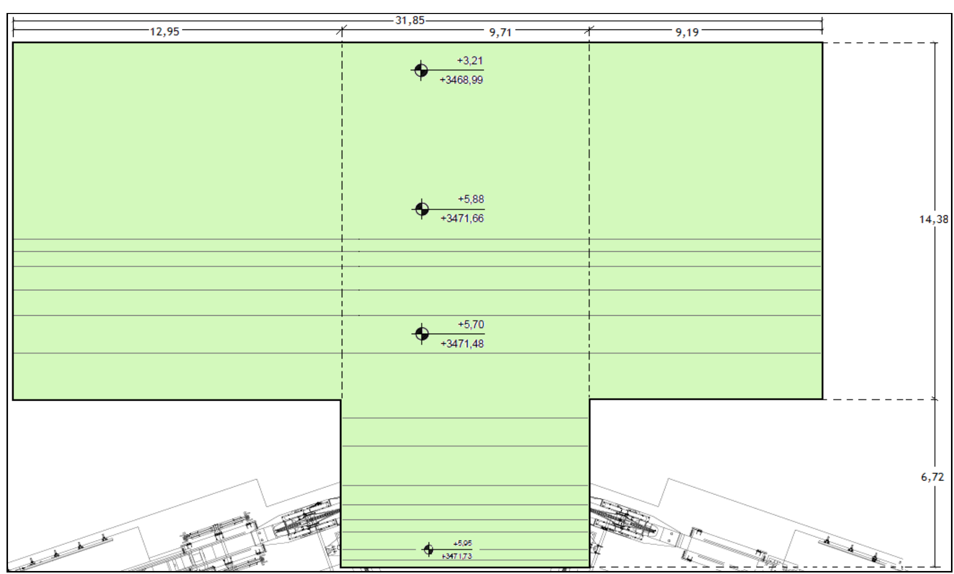
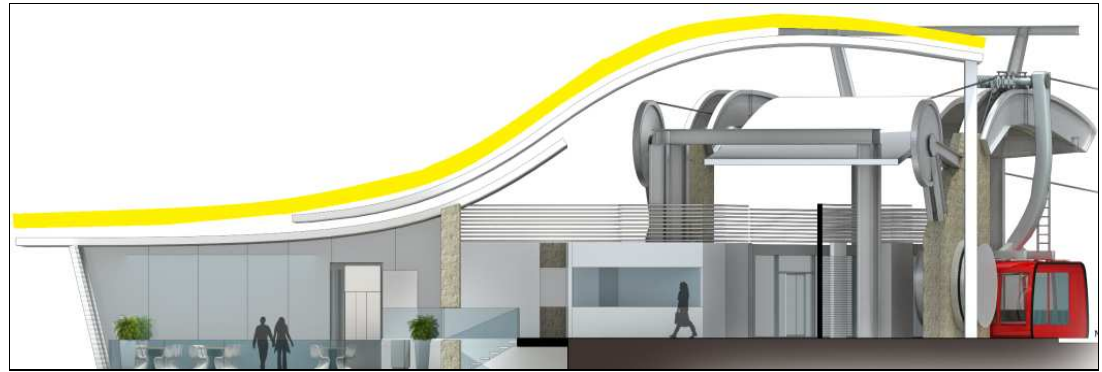


Figura 44. **Adaptación, esquema, techo después de la modernización** (Sistema teleférico de Mérida, Departamento de ingeniería y construcción, 2011).

La diferencia más relevante entre el techo actual y el proyectado en el diseño es la curvatura del mismo (figura 45), lo cual no representa un verdadero obstáculo para la instalación de los paneles ya que los mismos se establecen en soportes especiales con una inclinación, dada la indicación más adecuada que brinde la simulación del diseño fotovoltaico


Figura 45. **Adaptación, esquema, techo después de la modernización, vista lateral** (Sistema teleférico de Mérida, Departamento de ingeniería y construcción, 2011).

Estimación del potencial de energía solar en la estación "La Aguada"

Uno de los parámetros más importantes a definir para determinar la capacidad ideal de cada componente del sistema complementario de energía es la radiación solar con la que cuenta la zona de estudio, ya que dependiendo del comportamiento de la energía entregada por el sol en las superficies disponibles para el sistema, el mismo se diseñará buscando una mayor eficiencia durante su aplicación.

Para la recolección de los datos de radiación solar en diferentes zonas del planeta se disponen de las estaciones meteorológicas que cuentan con una serie de instrumentos de medición capaces de medir variables atmosféricas que intervienen en la intensidad de radiación. Factores como nubosidad, temperatura, humedad relativa, presión y pluviometría son los que generalmente más se toman en cuenta en estas estaciones.

Sin embargo, la estación "La Aguada" no cuenta con una de estas estaciones meteorológicas. En función de este obstáculo, y para analizar el comportamiento de la radiación solar en el punto geográfico de localización de "La Aguada" con el mayor grado de exactitud posible, se realizó una revisión de las bases de datos climáticos en las estaciones meteorológicas más cercanas al punto de estudio y con variables climatológicas disponibles. Las estaciones escogidas fueron:

Estación meteorológica "Mérida" Ubicada en el aeropuerto Alberto Carnevalli, en la ciudad de Mérida (coordenadas geográficas: 08°34′56.26″N y 71°09′40.27″O; indicativo Estación: 80438), a una altitud de 1.526 m.s.n.m. Instrumento para radiación solar global: actinógrafo.

Estación M.A.R.S. Ubicada en la estación Pico Espejo del Teleférico de Mérida. (coordenadas geográficas: 8°31'52,93"N; 71°03'13,16" O) a una altitud de 4.765 m.s.n.m. Sus instrumentos provienen del Instituto de Investigación de Meteorología y Clima (IMK, por sus siglas en alemán) del Centro de Investigación de Karlsruhe (KMZ) y la Universidad de Karlsruhe. Estos consisten en dos radiómetros de microondas (MIRA 2 y WARAM) y un espectrómetro óptico (piranómetro) caracterizados por una alta tecnología y funcionamiento de tipo telemétrico.

Las bases de datos existentes en ambas estaciones presentan mediciones horarias de radiación realizadas que generan a su vez promedios diarios y mensuales. La estación meteorológica "Mérida" dispuso para este trabajo de investigación de registros de radiación solar global que abarcan un intervalo de tiempo entre el año 2006 y parte del 2010. La estación M.A.R.S. permite el acceso a sus registros de radiación solar global a través de la web *http://www-imk.fzk.de/asf/mira/Merida/*, los cuales abarcan un periodo de tiempo entre los años 2004 y parte del 2009.

Para estudiar la diferencia entre ambas intensidades de radiación solar global se escogió un año en común donde ambas presentaran la data más completa posible y estuviera más cerca al 2011, siendo el año 2008 el año seleccionado.

Cabe destacar que la base de datos de M.A.R.S presenta vacíos en algunos de los días de medición, por fallas o desactivación de los instrumentos de medición. Estos días no se tomaron en cuenta para el cálculo del promedio anual. El posible error en que se incurre por no disponer de estas mediciones se puede estimar mediante la siguiente expresión:

*% Fracción Real = [(365 días del año – 30 días vacíos) / 365 días del año] * 100 = 91 %*

Lo que quiere decir que en el 91% del año realmente se evaluó el recurso solar; por lo que el cálculo de promedio de radiación global anual para la estación M.A.R.S. presenta un margen de error del 9%.

Homogeneizados los datos a la misma unidad de cálculo $(\frac{W}{m^2})$ utilizando hojas de cálculo (Anexos F) con las fórmulas de transformación correspondientes, se obtuvieron los siguientes promedios mensuales para el año 2008, mostrados en las tablas 3 y 4.

Tabla 3. **Promedio Radiación Solar Global 2008, Estación "Mérida".**

Mes	$\frac{W}{m^2}$
Enero	191,21
Febrero	190,46
Marzo	198,59
Abril	190,53
Mayo	175,83
Junio	181,89
Julio	174,23
Agosto	187,96
Septiembre	188,79
Octubre	191,02
Noviembre	158,2
Diciembre	173,31
PROMEDIO	***183,5***

(Elaboración propia, 2011)

Tabla 4. **Promedio Radiación Solar Global 2008, Estación M.A.R.S.**

Mes	$\frac{W}{m^2}$
Enero	241,42
Febrero	249,85
Marzo	256,96
Abril	232,23
Mayo	183,89
Junio	214,86
Julio	159,02
Agosto	191,99
Septiembre	172,61
Octubre	183,23
Noviembre	173,29
Diciembre	239,99
PROMEDIO	***208,28***

(Elaboración propia, 2011)

Gracias a esta información se pudo calcular que la diferencia de radiación solar entre ambas zonas es de un 10%, siendo el promedio anual de radiación solar global en Pico Espejo mayor al de “Mérida” en ese porcentaje. A pesar de encontrarse

en un punto geográfico de latitudes y longitudes tan similares, presentan esta diferencia debido a las condiciones de la atmósfera de cada estación, entre las cuales se puede mencionar la nubosidad y la cantidad de impurezas atmosféricas presentes. Los fenómenos climáticos que se dan en Mérida también son diferentes a los de Pico espejo por la naturaleza de los pisos térmicos en la cordillera andina y su condición con respecto al relieve de cada zona.

Una de las diferencias más claras entre ambas zonas y que influye en la diferencia de radiación, pero con menos relevancia, es la altura con respecto al nivel del mar de ambas, lo cual se puede observar en la Figura 46.

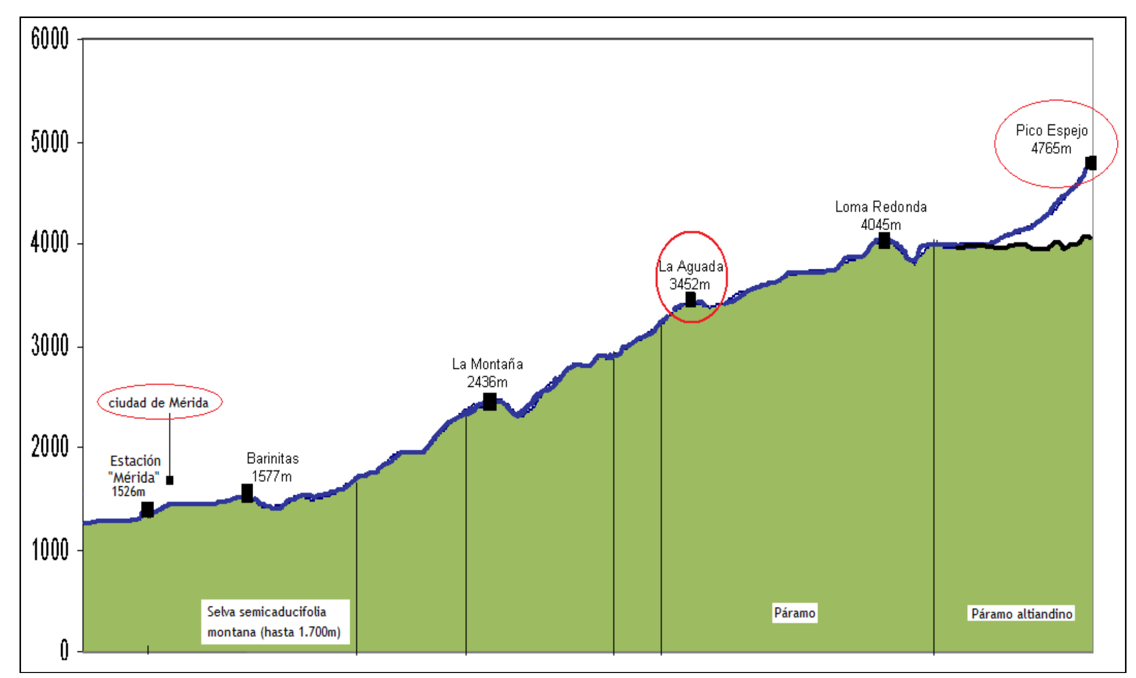


Figura 46. **Diferencia de altura entre cada estación.** (Elaboración propia, 2011)

Por todo lo anterior, para estimar la radiación global en la estación "La Aguada" a partir de los datos climatológicos con los que se cuenta, se realizó una interpolación de los valores de radiación datos de las estaciones señaladas, utilizando una hoja de cálculo (Anexos F) obteniendo un promedio anual de radiación solar global en el punto de estudio de 198,37 $\frac{W}{m^2}$. Los resultados obtenidos para cada mes fueron los siguientes se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. **Radiación estimada para la estación "La Aguada".**

Mes	Radiación Estimada $\frac{W}{m^2}$	Radiación Estimada $\frac{kWh}{dm^2}$
Enero	221,34	5,31
Febrero	226,09	5,43
Marzo	233,61	5,61
Abril	215,55	5,17
Mayo	180,67	4,34
Junio	201,67	4,84
Julio	165,10	3,96
Agosto	190,38	4,57
Septiembre	179,08	4,30
Octubre	186,35	4,47
Noviembre	167,25	4,01
Diciembre	213,32	5,12
PROMEDIO	**198,37**	**4,76**

(Elaboración propia, 2011)

Según Suarez (2008), la zona del páramo en el estado Mérida presenta días de 5 a 6 horas promedio de sol al día, algunas veces con días nublados consecutivos, lo cual representa un obstáculo para el éxito del proyecto. Sin embargo la ubicación regional del estado en la zona intertropical del planeta (Figura 47) "hace que reciba rayos solares durante todo el año con muy poca inclinación, lo que significa que la radiación no varía significativamente en los diferentes meses del año" (p. 24)

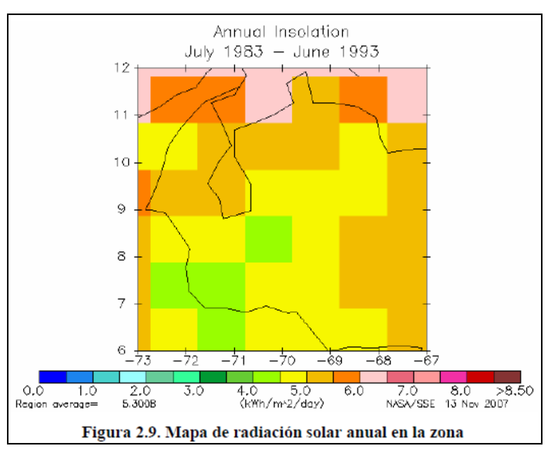


Figura 2.9. Mapa de radiación solar anual en la zona

Figura 47. **Radiación Solar en la zona estudio**. (Suarez, 2008, p.24)

Suarez (2008) también menciona que la NASA establece promedios de radiación solar, con ayuda de los registros de 10 años de medición tomados entre el año 1983 hasta 1993, presentando los promedios de radiación solar y mensual en cualquier lugar del mundo. Para una latitud entre 8 y 9 grados, longitud entre -71 y -72 grados y con centro en 8,5° y 71,5° se tiene que la radiación incidente sobre la superficie horizontal en este lugar es la mostrada en la tabla 6.

Tabla 6. **Tabla de la radiación incidente en el Páramo Los Conejos, Estado Mérida.**

Latitud 8,5° Longitud -71,5°	*ene*	*feb*	*mar*	*abr*	*may*	*jun*	*jul*	*ago*	*sep*	*oct*	*nov*	*dic*	**prom**
Promedio de 10 años	4,20	4,49	4,53	4,66	4,73	4,83	4,96	5,09	5,12	4,61	4,21	3,96	4,61

(Suarez, 2008. p. 24)

El estudio de Suarez se realizó en el Páramo Los Conejos, en el municipio Campo Elías, del estado Mérida, lugar que se encuentra geográficamente cerca a la zona de La Aguada, y que por ser páramo, tiene condiciones climáticas similares. Por ende, se puede argumentar que los resultados obtenidos a partir de la interpolación son coherentes con los presentados por Suárez, ya que los valores son cercanos. Suarez también presenta la clasificación de potencial fotovoltaico en función de la radiación solar y que se presenta en la Figura 48:



Potencial Fotovoltaico	
Radiación Solar en kWh/m2/Día	Clasificación
< 4,7	Marginal
4,7 a 4,9	Regular
4,9 a 5,2	Bueno
5,2 a 5,5	Excelente
5,5 a 6,1	Premium
> 6,1	Supremo

Figura 48. **Clasificación del potencial fotovoltaico.** (Suarez, 2008)

Según la tabla anterior se considera Regular el potencial fotovoltaico que presenta la zona de estudio, en el intervalo de 4,7 y 4,9 $\frac{kWh}{dm^2}$, y una muy buena incidencia para la mayoría de los meses a lo largo del año.

Determinación de la demanda eléctrica en la estación "La Aguada"

Descripción del suministro eléctrico de la estación "La Aguada"

La estación "La Aguada" cuenta con un suministro de energía distribuido como se observa en la Tabla 6.

Tabla 7. **Suministro de energía eléctrica en "La Aguada".**

Componentes Electromecanicos	Cantidad	Potencia (Kva)	Voltaje (V)	Operativo	No Operativo
Conductores Subterraneos Alta	-		13800	X	
Banco De Transformacion	1	100	13800/440		X
Transformador Trifasico	1	300	13800/440	X	
Planta Generacion	1	244	220	X	
Banco Transformacion	1		440/220	X	
Armario De Transferencia Manual	1		440	X	
Armario De Distribucion	1		440	X	
Cableado Baja Tension	-		440	X	
Cableado Y Ramales 110v Y 220v	-		220	X	
Tableros 220 V	3		220	X	

(PROCONSULT, 2010)

La energía eléctrica que permite que el teleférico funcione, llega a través de las torres de alta tensión, proveniente de la empresa CORPOELEC, suministrando 13.800 V que llegan a un cuarto de alta tensión donde hay 3 transformadores monofásicos de 100 kVA cada uno para un total de 300 kVA a través de tres líneas que van al panel de control de la estación.

Cuando llegan a las bancadas de transformación, la energía primeramente pasa a tener una tensión de 440 V, voltaje necesario para arrancar el motor del teleférico de carga (144 kVA sólo para el suministro de electricidad de alta tensión), y

luego la otra parte pasa a tener un voltaje de 220, o tensión baja, que es la electricidad que se distribuye en el componente arquitectónico. El banco de transformadores (bancada seca monofásica) para la tensión baja consta de 3 transformadores de 25 kVA cada uno, para un total de 75 kVA, disponible todo el tiempo para el funcionamiento de cualquier receptor eléctrico conectado, como se muestra en la figura 49. (Sistema teleférico de Mérida, Departamento de ingeniería y construcción, 2011).

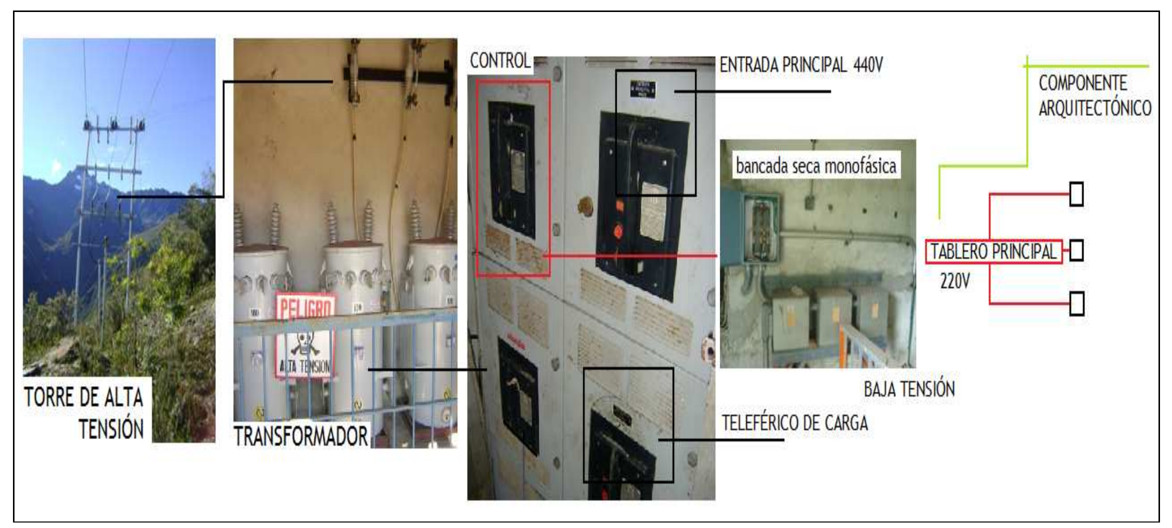


Figura 49. **Esquema de suministro de energía actual para la estación.** (Elaboración propia, 2011)

Para la determinación de los requerimientos energéticos de la futura estación, se realizó primeramente un estudio de la demanda eléctrica de la estación antes de la modernización, seguido por un estudio comparativo entre la antigua y la nueva distribución del edificio y, finalmente una proyección de la demanda en función de los receptores eléctricos agregados, la distribución y el espacio nuevo, y la nueva capacidad de carga agregada en la estación.

Demanda eléctrica de "La Aguada" antes de la modernización

Para calcular la demanda de energía de la estación inicialmente se hizo un inventario de los principales artefactos eléctricos que ahí se utilizaban antes del cierre de la empresa al público, tomando en cuenta el área donde se encontraban, la cantidad y la potencia nominal de cada uno. Los resultados del inventario están explícitos en las tablas 8 y 9.

Tabla 8. **Aparatos eléctricos utilizados en la estación.**

Aparato (Carga)	Descripción (CA)	Imagen
Luminarias (tipo 1)	Modelo: LIF-004 Lámpara fluorescente circular para instalación superficial.	
Luminarias (tipo 2)	Modelo: LIF-001 Lámpara fluorescente superficial para uso general, (2 tubos).	
Caja registradora	Modelo: CASIO PCR - 260B 0,07A (en stand by) 0,11 A máximo.	
Nevera mostrador	Modelo HACEB – RCV	
Licuadora	Modelo: Oster 6800 13	

Tabla 8 Continuación. **Aparatos eléctricos utilizados en la estación.**

Plancha de asar	Modelo: Eco-G-103S Teflón Dupont	
Nevera convencional	Modelo: MABE RML11XHM	
Baño de María	Modelo: SENNIN Y SEBIO. BMG 201.	

Horno microondas	Modelo: Daewoo kor-631g	
Cafetera doméstica	Marca: Delonghi EMK9ALICIA,	
Televisor	Modelo: Samsung a color 20"	
Aspiradora	Modelo: EINHELL RT-VC1420	
Equipo de sonido	Modelo: Sony Mhcex6	
Cargador de teléfono	Modelo: Nokia ac 3u	
Calentador eléctrico	Modelo: RECORD 35 litros	
Plancha de ropa	Modelo: Philips / GC 3035 / Elance 3035	
Filtro ozonizador de agua	Modelo: RG SYSTEMS sistema ozonizador portátil	
Calefacción	Modelo BIOBAIRE BPH1520 Panel calefactor	
Cafetera profesional	Modelo: RANCILIO *epoca*	

(Elaboración propia, 2011)

Tabla 9. **Áreas de cada aparato eléctrico utilizado en la estación, con código de identificación.**

Nivel	Área	Aparato (Carga)	Código
Sótano	Depósito	Luminarias (1)	S.1
	Exterior directo	Luminarias (1)	S.2
Planta Baja	Cafetería y atención al público	Caja Registradora	PB.1
		Licuadora	PB.2
		Plancha De Asar	PB.3
		Nevera Convencional	PB.4
		Luminarias (1)	PB.5

		Cafetera Profesional	PB.6
		Baño De María	PB.7
		Microondas	PB.8
		Nevera Mostrador	PB.9
	Cocina (Pernocta)	Cafetera Doméstica	PB.10
		Filtro De Agua	PB.11
		Licuadora	PB.12
		Microondas	PB.13
		Luminarias (1)	PB.14
		Nevera	PB.15
	Habitación (Pernocta)	Plancha De Ropa	PB.16
		Calefacción	PB.17
		Luminarias (1)	PB.18
		Televisor	PB.19
		Calentador Eléctrico	PB.20
		Cargador De Teléfono	PB. 21
	Baño (Pernocta)	Luminarias (1)	PB. 22
Planta Alta	Museo	Luminarias (1)	PA.1
		Sonido	PA.2
	Baño Damas	Luminarias (1)	PA.3
	Baño Caballeros	Luminarias (1)	PA.4
Andén	Pasillo	Luminarias (1)	A.1
		Luminarias (2)	A.2
	Enfermería	Calefacción	A.3
		Luminarias (1)	A.4
		Cargador De Teléfono	A.5
Descanso de escaleras	-	Luminarias (1)	E.1
Mantenimiento	-	Aspiradora	M.1

(Elaboración propia, 2011)

Cada aparato requiere una potencia nominal para funcionar, al multiplicarse por el número de unidades del mismo se obtiene su potencia total en el área donde está ubicado. En la tabla 10 se presentan dichas potencias totales y la cantidad de horas de funcionamiento, tomando en cuenta que los aparatos de alto consumo, a pesar de estar conectados las 24 horas del día, el tiempo en el que realmente requieren su potencia nominal es menor (una fracción del día según sea el caso).

Tabla 10. **Cantidad de aparato, potencia total requerida, horario de consumo.**

Código	**Cantidad**	**Potencia Nominal (W)**	**Potencia Total (W)**	**Horas diarias de uso (Temporada baja)**	**Horas diarias de uso (Temporada alta)**	**Horarios al día en temporada alta para cada artefacto**
S.1	2	22	44	2	4	8 - 10 am ; 2 - 4 pm
S.2	1	22	22	12	12	6 pm - 6 am
PB.1	1	100	100	6	11	7 am - 6 pm

PB.2	1	450	450	2	4	7 - 8 am ; 10 - 11 am ; 2 - 4 pm
PB.3	1	1.800	1.800	4	8	8 am - 4 pm
PB.4	1	200	200	4	6	7 - 9 am ; 10 am -12 pm ; 2 - 4 pm
PB.5	5	22	110	6	12	6 am - 6 pm
PB.6	1	1200	1200	6	11	7 am - 6 pm
PB.7	1	1.800	1.800	3	8	8 am - 4 pm
PB.8	1	700	700	4	8	8 am - 4 pm
PB.9	2	150	300	9	12	6 am - 6 pm
PB.10	1	450	450	2	2	6 - 8 am
PB.11	1	7	7	3	2	6 - 8 am
PB.12	1	450	450	2	3	7 - 8 am ; 11 am - 12 pm; 7 - 8 pm
PB.13	1	700	700	2	3	7 - 8 am ; 11 am - 12 pm; 7 - 8 pm
PB.14	3	22	66	5	6	7 - 8 am ; 11 am - 12 pm; 7 - 11 pm
PB.15	1	200	200	4	4	7 - 8 am; 11 am – 12 pm; 7 – 9pm
PB.16	1	1470	700	1	0,25	8 – pm
PB.17	1	1000	1000	8	12	8 pm - 6 am ; 12 - 2 pm
PB.18	2	22	44	5	5	6 - 11 pm
PB.19	1	70	70	6	7	7 - 11 pm ; 12 - 2 pm
PB.20	1	1.200	1.200	4	4	6 - 8 am ; 8 - 10 pm
PB. 21	1	7	6,5	0,3	0,3	7 – pm
PB. 22	1	22	22	4	6	6 - 8 am ; 12 - 2 pm ; 7 - 9 pm
PA.1	5	22	110	6	12	6 am - 6 pm
PA.2	1	180	180	6	10	8 am - 6 pm
PA.3	3	22	66	6	12	6 am - 6 pm
PA.4	3	22	66	6	12	6 am - 6 pm
A.1	7	22	154	6	12	6 am - 6 pm
A.2	10	80	800	6	12	6 am - 6 pm
A.3	1	1000	1000	6	12	6 am - 6 pm
A.4	1	22	22	6	12	6 am - 6 pm
A.5	1	7	7	1	1	11 am - 12 pm
E.1	2	22	44	6	12	6 am - 6 pm
M.1	1	750	750	0,25	0,25	8 – am

(Elaboración propia, 2011)

Además de esto es importante indicar que las horas de consumo por día, para el caso crítico, representado por las fechas de temporada alta, abril, agosto, septiembre y diciembre (en estos meses están los días feriados más importantes y las vacaciones colectivas nacionales en los que el turismo es mayor); y para temporada baja, los meses restantes. Es la época crítica o temporada alta la que se tomará en cuenta para la proyección de la demanda. En la tabla también se descartan los días de cierre por mantenimiento, y se asume un promedio de hora por día para el uso de la aspiradora.

Durante su funcionamiento, la filial se encontraba abierta al público en horario corrido desde las 8 de la mañana hasta las 4 de la tarde durante la temporada alta, lo que quería decir que el personal en general estaba ubicado en su lugar de trabajo a partir de las 7 de la mañana y terminaba su jornada entre las 5 y las 6 de la tarde, a excepción del personal pernocta quien se mantiene en la estación todo el tiempo (24 horas al día). En temporada baja, el único que permanecía en el mismo horario era el personal pernocta, el resto sólo laboraba hasta medio día o hasta el regreso del último viaje de las cabinas.

Estudio Comparativo de la estación existente y la propuesta.

Capacidad de carga de la estación. Con el proyecto de modernización la empresa pretende aumentar la eficiencia del servicio turístico en casi un 30% de la anterior, incrementando la capacidad de carga de la cabina, la velocidad de trayectoria, y la disponibilidad de espacio para recibir una mayor cantidad de personas, para el mismo horario de trabajo establecido antes de la modernización, como se puede observar en la figura 50.

CAPACIDAD DE CARGA SITUACION ACTUAL

INDICADORES	TEMPORADA BAJA	TEMPORADA ALTA
CAPACIDAD POR CABINA [1]	39+1 pasajeros[2]	
VELOCIDAD DE TRAYECTO[3]	Max. 5 m/seg.	
CAPACIDAD POR HORA	160 pasajeros	
VIAJES POR DÍA[4]	14 viajes	25 viajes
CAPACIDAD INSTALADA POR DÍA[5]	Max. 560 personas	Aprox. 1000 personas
CAPACIDAD INSTALADA EN ESTACIÓN LA AGUADA	**Máx. aprox. 320 personas[6].** Distribuidas en el área de andén o pasillo de espera, restaurant y museo de montañismo	

NUEVA CAPACIDAD DE CARGA

INDICADORES	TEMPORADA BAJA	TEMPORADA ALTA
CAPACIDAD POR CABINA	60+1 pasajeros	
VELOCIDAD DE TRAYECTO	Max. 7 m/seg.	
CAPACIDAD POR HORA (DATOS DE DISEÑO)	361 pasajeros (Promedio entre los tramos) Tramo I= 330pers/hora, Tramo II= 350pers/hora, Tramo III= 395pers/hora, Tramo IV= 370pers/hora	
VIAJES POR DÍA	Hasta 30 viajes	Hasta 50 viajes
CAPACIDAD INSTALADA POR DÍA	Max. 1800 personas	Aprox. 3000 personas
CAPACIDAD INSTALADA EN ESTACIÓN LA AGUADA	**Máx. aprox. 450 personas.** Distribuidas en el área de andén, Cafetín, terraza, museo y sala de espera.	

[1] CAPACIDAD MÁXIMA INSTALADA DE PERSONAS POR CABINA. 30 SENTADAS Y 10 DE PIE.
[2] TOMANDO EN CUENTA EL CABINERO.
[3] A ESTA VELOCIDAD SE LOGRAN REALIZAR UN MÁXIMO DE CUATRO VIAJES POR HORA. (A RAZÓN DE UNO CADA 15 MINUTOS).
[4] HORARIO COMPRENDIDO ENTRE:
•LAS 8:00 AM (1ER VIAJE) Y LAS 11:30 AM (ÚLTIMO VIAJE) PARA TEMPORADA BAJA.
•LAS 8:00 AM (1ER VIAJE) Y LAS 02:15 PM (ÚLTIMO VIAJE) PARA TEMPORADA ALTA.
[5] ES POSIBLE ELEVAR ESTA CANTIDAD DE PERSONAS QUE ASCIENDEN, PERO ESTA LA LIMITANTE DEL HORARIO DE TRABAJO DEL PERSONAL DEL SISTEMA TELEFÉRICO. POR OTRA PARTE, PARA AUMENTAR EL NÚMERO DE PERSONAS QUE ASCIENDAN, ES NECESARIO ASEGURARSE DEL PERFECTO ESTADO DE LAS INSTALACIÓNES ELÉCTRICAS Y MECÁNICAS, ADEMÁS DE LOS IMPLEMENTOS DE SALVAMENTO.
[6] CÁLCULO REALIZADO A RAZÓN DEL PROMEDIO PERMITIDO DE 1,5 PERSONAS POR M^2.
(AREAS INTERNAS + AREAS EXTERNAS)

Figura 50. **Propuesta de capacidad de carga.** (Sistema teleférico de Mérida, Departamento de ingeniería y construcción, 2011).

La estación “La Aguada”, a partir de la modernización admitirá el acceso a sus instalaciones a un máximo de 450 personas simultáneamente, sin importar la época del año. Este número de personas incluye el personal fijo que labora en la estación y quienes cumplen con los horarios establecidos (atención al público, información, mantenimiento, vigilancia, médico, cafetería y supervisor).

Debido a esto, también se sustituirán los horarios temporada alta / temporada baja por el horario corrido de temporada alta durante todo el año, por lo menos durante los primeros años de operación. Por esta razón se puede inferir que las horas de consumo energético de “La Aguada” no van a variar, asumiendo que serán las mismas señaladas en anteriormente para los días de trabajo en temporada alta.

Por lo tanto, todos estos cambios advierten que el número de tareas administrativas en “La Aguada” va a aumentar y que existirá una mayor dinámica entre los clientes de la cafetería con un intercambio de mercancía más alto que en otra época, por lo que será necesario aumentar el personal y abastecer la estación con máquinas de alto rendimiento para funciones como: cobrar el dinero de cada servicio, dispensadores de tickets y/o de alimentos, sistemas para suministro de información al público, comunicación interna de la estación y sistemas de seguridad.

Con la necesidad de cubrir tanto las nuevas como antiguas funciones de la estación, se deberá aumentar el número de equipos utilizados, incorporando nuevos y mejores, tales como: computadoras con acceso a Internet, cámaras de seguridad y monitoreo, alarmas y equipos para emergencias, entre otros.

Entonces es evidente que el consumo de electricidad en la estación aumentará en un porcentaje equivalente al del incremento de la capacidad de carga y de horas de trabajo, con una particularidad que contrarresta el efecto del incremento y es que, a pesar de cambiar en cantidad, los electrodomésticos sustituidos y los incorporados tendrán una eficiencia mayor que los utilizados con anterioridad, pues serán mucho más modernos.

Incremento de áreas de la estación y servicios adicionales. Para permitir el movimiento interno en la estación de la cantidad de personas que se tiene previsto, cambiarán las dimensiones de la estación, y debido a la nueva distribución y agregación de estructura física, sus áreas más importantes serán mayores a las que ocupaban antes del proyecto de modernización. En la tabla 11 se mencionan las principales superficies (en m^2 aproximados) por cada función en la que en ellas se realiza, tanto para la actual "Aguada" como para la propuesta.

Tabla 11. **Áreas aproximadas en la propuesta.**

Áreas	Actual (m^2)	Propuesto (m^2)
Museo	76	245
Enfermería	10	10
Baños	28	47
Lavamopas y depósitos	42	26
Cafetería	70	164
Apartamento empleado (Pernocta)	21	62
Planta Libre (Estar)	Antiguo Depósito	106
Sub-Total Estación La Aguada	**247**	**660**

(Sistema teleférico de Mérida, Departamento de ingeniería y construcción, 2011).

Los espacios por área, según la nueva distribución son mayores, la superficie disponible para el público aumentará en más del doble de su situación actual, lo que garantiza la necesidad de incorporar un sistema de iluminación más adecuado que el anterior. El consumo requerido por la iluminación es uno de los más importantes del cálculo de potencia total, debido a que es el de mayor cantidad de horas de uso total y el número de lámparas necesita ser alto, tanto en el museo, como en el cafetín, pasillo y apartamento de la pernocta.

Entre los servicios adicionales se tiene la implementación de un ascensor para facilitar el traslado de las personas discapacitadas de un nivel a otro. También se agregará un baño especialmente para ellos. Igualmente, debido a que la cantidad de personas circulando en la estación crecerá, la circulación vertical también lo hará, con más escaleras en el edificio, que ameritarán evidentemente una iluminación adecuada para evitar cualquier tipo de accidente.

Los depósitos son otros lugares que requieren iluminación apropiada para beneficio del personal de la estación. Esos espacios son más reducidos que el depósito que se encuentra actualmente en “La Aguada”; sin embargo, de igual manera, cada uno de ellos tendrá el número de lámparas que sea necesario.

El apartamento para el personal pernocta forma parte de la estructura agregada en el dimensionamiento de la estación. Es un espacio mayor que el que antes disponía el personal para su estadía. Igualmente, como en todos los demás espacios, este requerirá de una iluminación ideal, y de un sistema de calefacción ideal para garantizar la comodidad de los empleados tanto administrativos como operativos que comparten la estación.

Finalmente, un factor favorable de los cambios mencionados anteriormente, que gran parte de la fachada planificada es vidrio, lo que indica que en algunos lugares en la estación, durante días soleados, no será necesaria la utilización total de luz artificial (en la terraza del cafetín, por ejemplo) pues será suficiente la luz natural. Sin embargo, el análisis de demanda requerida se hace para los días en los que la estación está haciendo el uso cotidiano de sus instalaciones eléctricas, lo que quiere decir que se asume necesario el sistema de iluminación en todas las áreas durante todo el año.

Proyección de la demanda

A partir del estudio comparativo de la estación para antes y para después de la modernización, se puede establecer que la demanda eléctrica de la “nueva” Aguada no va a ser menor que el anterior ni va a aumentar el doble de su valor actual, asumiendo que:

1. La capacidad de carga nunca será el doble de la que se permitía en la estación antes de cerrar.
2. Las cargas incorporadas que requieran de una potencia muy alta para funcionar (como el ascensor, iluminación de exteriores, ó sistemas de intercambio de calor

especiales, por ejemplo) serán abastecidas por el mismo suministro eléctrico con el que cuenta actualmente el teleférico de carga, que no va a cambiar.

3. Los artefactos de bajo consumo aumentan en número pero se diferencian de los anteriores por ser de tecnologías actualizadas, los cuales generalmente tienen una eficiencia de funcionamiento mayor que los electrodomésticos obsoletos, lo que significa que su potencia nominal es menor.
4. La distribución de áreas cambió significativamente, más no el tamaño estructural de la estación (no hay nivel nuevo, ni se está construyendo en zonas de la Aguada que no pertenezcan directamente al componente arquitectónico)
5. Desde el punto de vista del personal técnico operativo de la empresa y de quienes forman parte de la planificación de la futura infraestructura, el cambio más importante a nivel eléctrico en la obra civil se verá reflejado en los sistemas de iluminación, de seguridad y de emergencia, influido directamente por el incremento en las horas de consumo de las cargas.

Con base a los factores mencionados anteriormente, y tomando en cuenta de que actualmente no existe la ingeniería de detalle del proyecto de modernización, se puede estimar que la planificación de instalaciones eléctricas de La Aguada debería demandar una potencia de consumo eléctrico con un incremento del en un 50% de su valor actual. Asumiendo este escenario, a continuación se plantea una configuración posible para la estación en función de alcanzar un inventario tentativo de instalaciones eléctricas que justifique el incremento antes mencionado, dándole mayor prioridad a la incorporación de los sistemas de iluminación, seguridad y emergencia.

El Código Eléctrico Nacional de FONDONORMA (2004), en su sección 220-3, parte A, establece que la carga mínima de iluminación ideal por cada metro cuadrado de superficie del piso para locales específicos, aclarando que “los valores unitarios de estos cálculos se basan en las condiciones de carga mínima y en un factor de potencia del 100% y puede que no ofrezcan capacidad suficiente para la instalación considerada” (p. 36). La lista de estas cargas indica los siguientes valores de potencia eléctrica por superficie:

Salas de reunión y auditorios (Museo): 11 $\frac{W}{m^2}$

Hospital (enfermería): 22 $\frac{W}{m^2}$

Hoteles ó apartamentos: 22 $\frac{W}{m^2}$

Restaurantes y cafeterías: 22 $\frac{W}{m^2}$

Depósitos: 3 $\frac{W}{m^2}$

Pasillos y escaleras: 6 $\frac{W}{m^2}$

La norma también advierte que no aplica a espacios abiertos como terrazas ó patios. Entonces, al multiplicar los valores anteriores por cada una de las áreas propuestas correspondientes se tienen las nuevas potencias mínimas que van a ser consumidas en la "nueva" estación, con respecto a la iluminación, como se puede observar en la tabla 12.

Tabla 12. **Potencias requeridas mínimas por iluminación en las áreas propuestas.**

Principales Áreas Iluminadas	Propuesto (m^2)	Potencia Requerida (W)
Museo	245	2.695
Enfermería	10,15	231
Lavamopas y depósitos	26	78
Cafetería (incluye baños)	211	4.642
Apartamento empleado (Pernota)	62	1.364
Pasillos y escaleras	83	499

(Elaboración propia, 2011)

En el caso del museo, además de considerar el incremento de iluminación, se buscó la incorporación de un sistema de sonido más eficiente y uno de información que requiera el uso de pantallas LCD. También se sugiere la incorporación de computadoras en los lugares más importantes para el personal en general, con el fin

de manejar cualquier información interna y/ó de la empresa y hacer más eficaz la atención al cliente. Para los sistemas de seguridad, monitoreo, y emergencia se asume que se han incorporado cámaras de seguridad y alarmas contra incendios, principalmente, señaladas en la tabla 13.

Tabla 13. **Cargas agregadas.**

Cantidad	Descripción (CA)	Imagen
5	Cámaras de seguridad modelo VSD302 15 W	
1	Central para detención de incendio SOVICA modelo CM 16 C009 50 W	
2	Monitor LCD 22" 49 W	
2	Sistema de computación Básico (monitor LCD 4", CPU, teclado, mouse, cornetas) 300 W	

(Elaboración propia, 2011)

Con la adición de los nuevos aparatos señalados en la tabla 12, se asumirá que la nueva demanda viene dada por las potencias y las horas de consumo indicadas en la tabla 14. Indicando que los valores "Estimados Restantes" corresponden a un cálculo que incluye las potencias para la demanda antes de la modernización en cada área (sin iluminación) incluyendo la carga por equipos de computación para las áreas correspondientes a este valor.

Tabla 14. **Cargas estimadas.**

Área	Aparato (carga)	Código	Potencia requerida total (W)	Horas de consumo
Museo	Iluminación mínima	M.1	2.695	10
	Sonido e información	M.2	150	10
	Cargas fantasmas	M.3	2	24
	Computadora	M.4	300	10
Enfermería	Iluminación mínima	E.1	231	10
	Cargas Fantasmas	E.2	2	24
	Computadora	E.3	300	10

Depósitos	Iluminación mínima	D.1	78	4
Cafetería (incluye baños)	Iluminación mínima	C.1	4.642	12
	Estimados Restantes	C.2	4.285	10
	Cargas fantasmas	C.3	2	24
Apartamento empleado (Pernota)	Iluminación mínima	A.1	1.364	8
	Estimados Restantes	A.2	1.760	6
	Cargas fantasmas	A.3	2	24
Pasillos y escaleras	Iluminación mínima	P.1	499	12
Todo el edificio	Aspiradora	T.1	750	3
	Sistema de seguridad	T.2	75	24
	Alarmas para incendios	T.3	50	24

(Elaboración propia, 2011)

Para finalizar, con ayuda de la hoja de cálculo correspondiente (Anexos G y H) se pudo determinar la cantidad de potencia requerida total de la estación por cada hora de servicio de la misma en un día con jornada laboral de temporada alta, tanto para la situación antes de la modernización (tabla 15 y figura 51) como para la demanda proyectada (tabla 16 y figura 52), obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 15. **Demanda eléctrica horaria en un día para antes de la modernización.**

Horario		kW
AM	00:00 - 01:00	1,0
	01:00 - 02:00	1,0
	02:00 - 03:00	1,0
	03:00 - 04:00	1,0
	04:00 - 05:00	1,0
	05:00 - 06:00	1,0
	06:00 - 07:00	4,3
	07:00 - 08:00	7,6
	08:00 - 09:00	8,8
	09:00 - 10:00	8,4
	10:00 - 11:00	9,0
	11:00 - 12:00	10,0
PM	12:00 - 01:00	9,4
	01:00 - 02:00	9,4
	02:00 - 03:00	9,0

	03:00 - 04:00	9,0
	04:00 - 05:00	4,1
	05:00 - 06:00	4,1
	06:00 - 07:00	0,1
	07:00 - 08:00	1,6
	08:00 - 09:00	3,0
	09:00 - 10:00	2,4
	10:00 - 11:00	1,2
	11:00 - 12:00	1,0

(Elaboración propia, 2011)

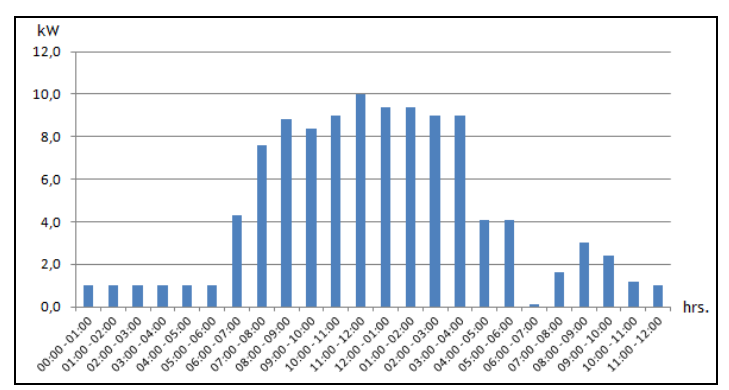


Figura 51. **Representación gráfica de la demanda eléctrica horaria en un día para antes de la modernización.** (Elaboración propia, 2011)

Tabla 16. **Demanda eléctrica horaria en un día para después de la modernización.**

Horario		kW
AM	00:00 - 01:00	0,13
	01:00 - 02:00	0,13
	02:00 - 03:00	0,13
	03:00 - 04:00	0,13
	04:00 - 05:00	0,13
	05:00 - 06:00	0,13
	06:00 - 07:00	7,54
	07:00 - 08:00	7,62
	08:00 - 09:00	14,06
	09:00 - 10:00	13,24
	10:00 - 11:00	13,24
	11:00 - 12:00	14,60
PM	12:00 - 01:00	16,36
	01:00 - 02:00	13,24

	02:00 - 03:00	13,31
	03:00 - 04:00	13,31
	04:00 - 05:00	13,24
	05:00 - 06:00	13,24
	06:00 - 07:00	0,63
	07:00 - 08:00	3,76
	08:00 - 09:00	3,26
	09:00 - 10:00	3,26
	10:00 - 11:00	1,50
	11:00 - 12:00	0,13

(Elaboración propia, 2011)

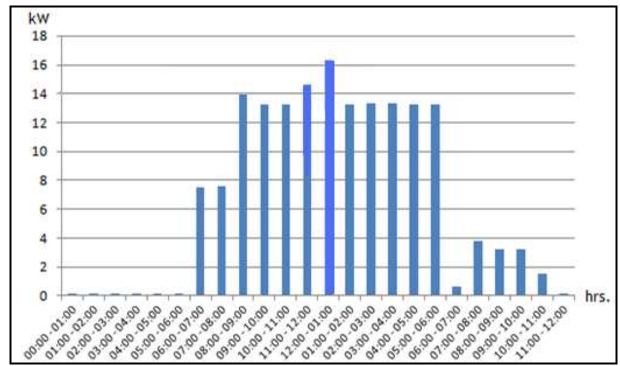


Figura 52. **Representación gráfica de la demanda eléctrica horaria en un día para después de la modernización.** (Elaboración propia, 2011)

Para ambas tablas de resultados se calcularon los promedios de potencia diarios requeridos, tomando en cuenta la jornada laboral de la temporada alta y todas las áreas de la edificación, obteniendo un valor de 4,5 $\frac{kWh}{d}$para la estación "La Aguada" antes de la modernización y de 6,93 $\frac{kWh}{d}$ para la proyección de la demanda con base en las condiciones supuestas, que equivale a la demanda anterior con un incremento cercano al 50%. Lo que quiere decir que la demanda proyectada es válida para el diseño del sistema complementario de energía.

Diseño del sistema complementario de energía basado en la utilización de celdas fotovoltaicas utilizando el software HOMER.

Datos de entrada para el simulador:

Esquema del sistema. El primer requerimiento del programa es la selección de los principales componentes del sistema. Para el presente estudio, dichos componentes fueron: (a) la demanda de la carga eléctrica estimada, (b) el arreglo fotovoltaico, (c) las baterías y (d) el inversor. HOMER muestra el esquema de los componentes seleccionados tal como se muestra en la figura 53.

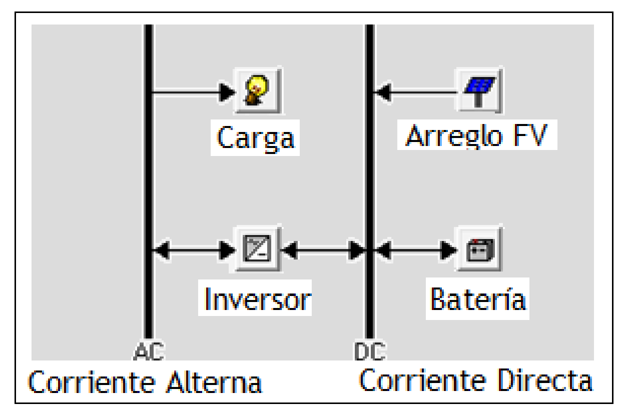


Figura 53. **Adaptación, esquema del sistema.** (HOMER, 2011)

Datos de Demanda Eléctrica. Se introdujeron los valores obtenidos en la proyección de la demanda mostrados en la tabla 16. También se tomó en cuenta que la corriente de la carga es de tipo alterna. Con ello HOMER calculó inicialmente los valores promedio y pico correspondientes:

Promedio Anual: 166 $\frac{kWh}{d}$

Carga pico: 16,3 kW

Factor de carga: 0,424

HOMER representa la variabilidad de la demanda eléctrica por hora durante un día a través de una gráfica con el comportamiento de la misma, tal como se presenta en la figura 54.

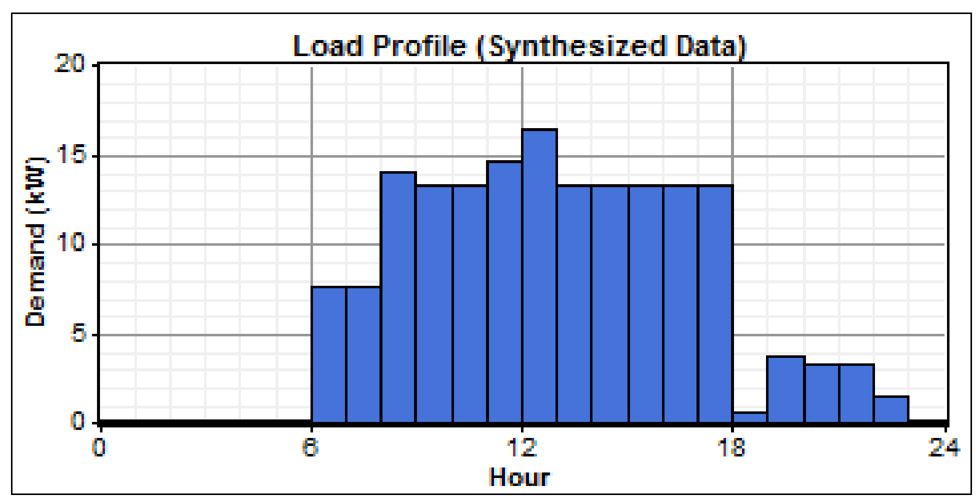


Figura 54. **Perfil de carga para un día en la estación "La Aguada" arrojada por HOMER.** (HOMER, 2011)

Datos del Recurso Solar. Se procede a añadir las características del recurso solar, incluyendo los datos de radiación estimados en la interpolación (tabla 5) automáticamente el software obtiene el índice de Claridad de la zona estimado tomando en cuenta los siguientes datos geográficos:

Latitud: 8° 9' Norte

Longitud: 71°2' Oeste

Zona horaria: GTM -4:00

En la tabla 16 se puede observar el Índice de Claridad mensual que HOMER requiere para la simulación del sistema FV a diseñar. En la figura 55 se puede observar el comportamiento de la radiación solar estimada en la zona de estudio durante un año.

Tabla 17. **Índice de claridad y radiación promedio.**

Mes	**(Índice de claridad)**	**(Promedio de Radiación)** $\frac{kWh}{dm^2}$
Ene	0.582	5.310
Feb	0.558	5.430
Mar	0.544	5.610
Abr	0.493	5.170

May	0.421	4.340
Jun	0.479	4.840
Jul	0.390	3.960
Ago	0.442	4.570
Sep	0.417	4.300
Oct	0.453	4.470
Nov	0.435	4.010
Dic	0.576	5.120

(HOMER, 2011)

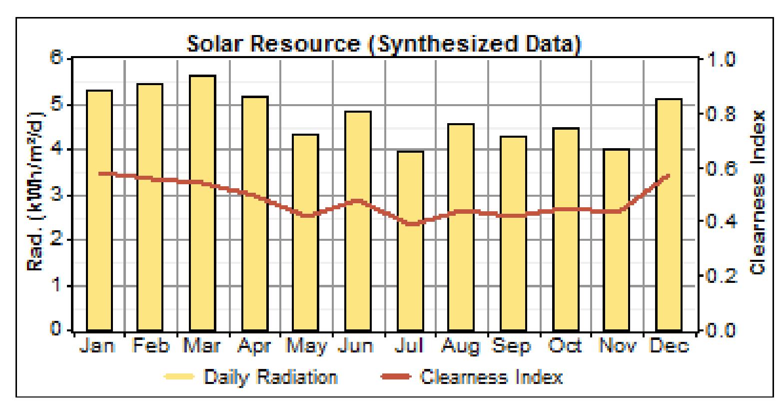


Figura 55. **Perfil anual del recurso solar en la estación. (**HOMER, 2011)

Datos referidos a los costos del sistema FV. El costo de los componentes de los sistemas fotovoltaicos está promediado en la página web www.solarbuzz.com para el mercado actual y de acceso libre. Para el mes de septiembre del 2011, el portal registra las cifras mostradas en la figura 56 aclarando que para el cálculo de dichos costos se tomaron en cuenta compañías localizadas en gran parte del planeta, sin incluir precios por impuestos u otros costos más específicos.

Solarbuzz Retail Pricing

Date: 10 September 2011

	unit	sep 10	oct 10	nov 10	dic 10	ene 11	feb 11	mar 11	abr 11	####	jun 11	jul 11	ago 11	sep 11
Module	US$/Wp (≥125 W)	$3,61	$3,59	$3,51	$3,47	$3,38	$3,29	$3,19	$3,12	$3,11	$3,10	$3,02	$2,84	$2,65
	Euro€/Wp (≥125 W)	€3,23	€3,20	€3,19	€3,09	€3,05	€2,90	€2,80	€2,73	€2,69	€2,66	€2,54	€2,51	€2,43
Inverter	US$/Continuous Watt	$0,715	$0,715	$0,715	$0,715	$0,715	$0,715	$0,715	$0,715	$0,715	$0,715	$0,715	$0,714	$0,714
	Euro €/Continuous Watt	€0,558	€0,522	€0,508	€0,543	€0,537	€0,522	€0,515	€0,508	€0,479	€0,500	€0,500	€0,500	€0,500
Battery	US$/Output Watt Hour	$0,207	$0,207	$0,207	$0,210	$0,210	$0,211	$0,212	$0,212	$0,213	$0,213	$0,213	$0,213	$0,213
	Euro€/Output Watt Hour	€0,161	€0,151	€0,147	€0,160	€0,160	€0,154	€0,153	€0,151	€0,143	€0,149	€0,149	€0,149	€0,149
Charge Controller	US$/Amp	$5,87	$5,87	$5,87	$5,87	$5,88	$5,93	$5,93	$5,93	$5,93	$5,89	$5,93	$5,93	$5,93
	Euro€/Amp	€4,58	€4,29	€4,17	€4,46	€4,41	€4,33	€4,27	€4,21	€3,97	€4,12	€4,15	€4,15	€4,15
Solar Systems*	Residential $cents/kWh	34,28	32,05	31,91	31,63	31,4	30,96	30,53	30,42	30,34	30,31	30,08	29,84	29,53
	Commercial $cents/kWh	24,32	22,31	22,19	21,9	21,69	21,28	20,87	20,74	20,71	20,67	20,47	20,25	19,97
	Industrial $cents/kWh	18,95	17,38	17,29	17,07	16,91	16,59	16,27	16,20	16,14	16,11	15,95	15,79	15,56

These prices reflect the lowest price quoted on each company's website for the particular component and do not include sales tax.
Solarbuzz collects pricing information from companies worldwide. The current surveys include companies located in the US, Germany, UK, South Africa, Australia, Brazil, Bulgaria, France, Greece, Korea, Switzerland, Canada, and Japan.
Exchange rate conversions were made on the survey date.
This information may not represent actual pricing since actual pricing may be decided by discounts on multiple unit purchases and price matching of competitors.

Figura 56. **Precios promedio en el mercado de productos solares.** (Solarbuzz 2011).

Con base en estos valores de referencia se escogieron los costos de la inversión inicial para el diseño preliminar del sistema fotovoltaico:

Módulos solares: 2,65 $ / Wp

Inversor: 0,714 $ / W

Batería: 0,213 $ / W

Para propósitos de la simulación en HOMER, fue necesario considerar que la inversión inicial en los módulos solares debe incluir un porcentaje por gastos en cableado y sistema regulador. Por tanto, el precio ascendió a 3,612 $ / Wp, que es igual al de 2,65 $ / Wp con el agregado de un 25 % por los otros costos ya mencionados.

Características de los paneles solares. El cálculo del arreglo fotovoltaico en HOMER requiere de una serie de especificaciones, que se pueden ver en la tabla 18, HOMER realiza todas las posibles combinaciones para cada uno de los tamaños considerados. En la figura 57 se puede observar como HOMER toma los valores de costos y tamaños considerados para los módulos y gráficamente representa como ambas variables son proporcionales con una curva de costos.

Tabla 18. **Datos de entrada de los paneles solares.**

Lifetime	Tiempo de vida útil	20 años
Derating factor	Factor de pérdida (por deterioro en el tiempo)	90%
Tracking system	Sistema de seguimiento solar	No
Slope / Azimuth	Inclinación / Azimut	15° / 0°
Ground reflectance	Reflexión de tierra	20%

(Elaboración propia, 2011)

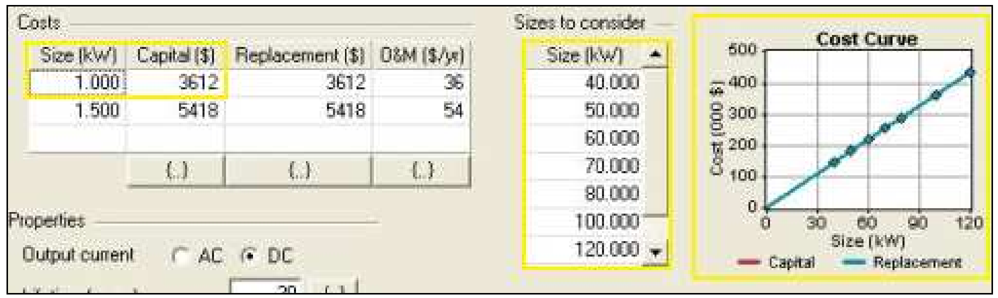


Figura 57. **Datos de los módulos solares.** (HOMER, 2011)

Características de la batería. HOMER presenta una lista de marcas y modelos de baterías para realizar sus combinaciones. Para sistemas solares es recomendable la utilización de baterías de ciclo profundo, por esta razón se escogió el modelo 12 OPzS 1500 de la marca HOPPECKE (H1500), mostrada en la figura 58. La batería es de plomo ácido.



Figura 58. **Baterías HOPPECKE OPzS 1500.** (HOPPECKE, 2011)

Los datos técnicos de la batería se pueden ver la figura 59:

Capacities, dimensions and weights

Type	C_{nom}/1.80 V Ah *	C_{10}/1.80 V Ah **	C_5/1.77 V Ah	C_3/1.75 V Ah	C_1/1.67 V Ah	Weight kg	Weight electrolyte kg (1.24 kg/l)	Length L mm	Width W mm	Height H mm	Figure
4 OPzS 200	200	213	182	161	118	17.2	4.9	105	208	420	A
5 OPzS 250	250	266	227	201	147	20.8	6.1	126	208	420	A
6 OPzS 300	300	320	272	241	177	24.3	7.2	147	208	420	A
5 OPzS 350	350	390	345	304	217	26.9	7.9	126	208	535	A
6 OPzS 420	420	468	414	364	261	31.5	9.4	147	208	535	A
7 OPzS 490	490	546	483	425	304	36.1	10.9	168	208	535	A
6 OPzS 600	600	686	592	511	353	44.8	12.9	147	208	710	A
8 OPzS 800	800	915	789	681	470	61.3	16.9	215	193	710	B
10 OPzS 1000	1000	1143	986	852	588	74.6	21.1	215	235	710	B
12 OPzS 1200	1200	1372	1184	1022	706	88.0	25.5	215	277	710	B
12 OPzS 1500	1500	1609	1398	1197	784	114.3	34.2	215	277	855	B
16 OPzS 2000	2000	2146	1864	1596	1045	151.5	48.0	215	400	815	C
20 OPzS 2500	2500	2682	2330	1995	1307	193.0	68.0	215	490	815	D
24 OPzS 3000	3000	3219	2796	2394	1568	246.0	76.0	215	580	815	D

* C_{nom} = Nominal capacity according to DIN 40736-1 ** C_{10} = Capacity at 10 h discharge

Figura 59. **Datos técnicos de las Baterías HOPPECKE OPzS 1500.** (HOPPECKE, 2011)

HOMER tiene registradas las principales características del modelo de batería, en referencia a su capacidad y voltaje nominal, (1500 Ah y 2 V, respectivamente) entre otros parámetros eléctricos. Su capacidad y su tiempo de vida útil en función de la corriente de descarga se explica a través de las Figuras 60 y 61, con las gráficas correspondientes. Además HOMER señala que tiene una potencia nominal de 3 kW.

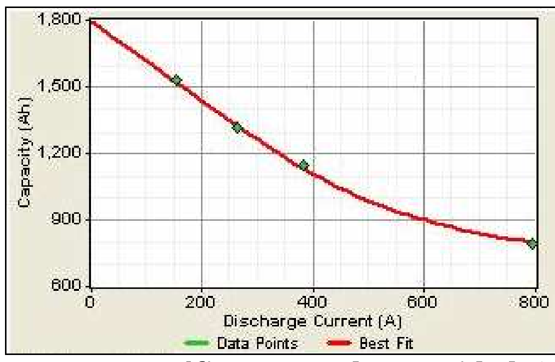


Figura 60. **Gráfica Curva de capacidad**. (HOMER, 2011)

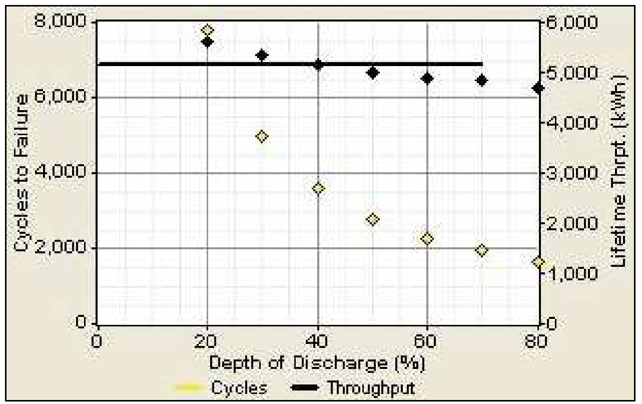


Figura 61. **Gráfica de tiempo de vida útil.** (HOMER, 2011)

HOMER consideró los costos y el número de líneas (strings) de baterías conectadas en serie consideradas en las simulaciones para arrojar una gráfica que relaciona ambas variables y demuestra que son directamente proporcionales, (figura 62) tomando en cuenta que cada línea tendrá 12 baterías.

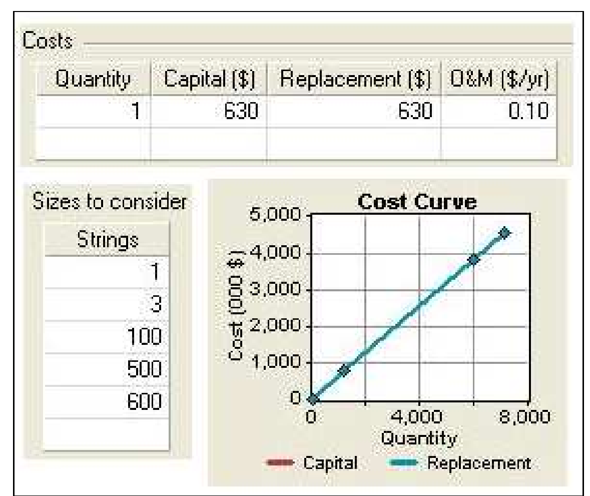


Figura 62. **Gráfica de costos con el número de líneas de baterías conectadas**. HOMER (2011)

Características del inversor. Las consideraciones que HOMER exige para el inversor son muy generales, sólo se menciona el tiempo de vida útil, de 4 años, y la eficiencia de 90%. Los costos del inversor en función de los tamaños considerados en

la simulación tienen un comportamiento gráfico proporcional. Todo esto se puede observar en la 63.

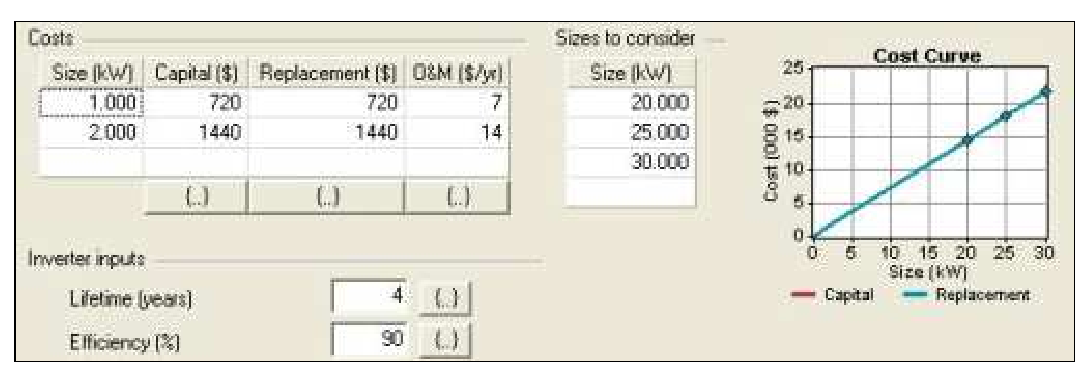


Figura 63. **Principales características del inversor.** (HOMER, 2011)

Otros factores económicos considerados. También fue necesario especificar en HOMER, un valor para la tasa de interés real anual, el cual fue 12%, y un valor para el tiempo de vida útil del proyecto, el cual fue de 25 años, los cuales corresponden al costo del dinero promedio en Venezuela para este tipo de inversiones y el tiempo de vida estimado para la mayoría de componentes del sistema.

Resultados de la simulación:

HOMER tomó todos los datos de entrada y considerando factores de pérdida, tamaños escogidos posibles, eficiencias, entre otras condiciones, relacionó todas las variables, e hizo una lista de las combinaciones resultantes mostradas en los anexos, en el orden mayor a menor de factibilidad económica y técnica, indicando el mejor arreglo de los componentes y los costos tentativos para el sistema fotovoltaico.

Combinación óptima. A continuación se muestra en la figura 64 la combinación que HOMER consideró óptima con un resumen de sus principales características, es decir, el diseño preliminar ó arquitectura del diseño.

				PV (kW)	H1500	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost ($/yr)	Total NPC	COE ($/kWh)	Ren. Frac.
				50	1200	20	$ 951,000	12,081	$ 1,045,749	2.201	1.00
				50	1200	25	$ 954,600	12,843	$ 1,055,329	2.221	1.00
				50	1200	30	$ 958,200	13,605	$ 1,064,908	2.241	1.00

Figura 64. **Combinación más factible desde el punto de vista técnico económico según HOMER**. (HOMER, 2011)

Análisis gráfico de la combinación óptima.

Costos. En el análisis de sensibilidad HOMER presenta los resultados relacionados a la inversión de la siguiente forma:

Costo Neto total para el presente: 1.045.749 $ (dólares americanos)

Costo de energía 2,201 $ / kWh

Para resumir el flujo de los costos, el programa categoriza en las siguientes tablas los gastos más importantes en el presente, y proyectados durante un año, tomando en cuenta el capital inicial, el costo de reemplazo, costos de operación y mantenimiento (O&M), costos por combustible, salvamento, y la sumatoria total para cada componente seleccionado. (Tablas 19 y 20)

Tabla 19. **Costos netos para el presente.**

Component	***Capital ($)***	***Replacement ($)***	***O&M ($)***	***Fuel ($)***	***Salvage ($)***	***Total ($)***
PV	180,600	18,722	14,118	0	-7,968	205,472
Hoppecke 12 OPzS 1500	756,000	78,372	941	0	-33,353	801,961
Converter	14,400	23,454	1,098	0	-635	38,317
System	951,000	120,548	16,157	0	-41,956	1,045,749

(HOMER, 2011)

Tabla 20. **Costos netos proyectados para un año.**

Component	***Capital ($/yr)***	***Replacement ($/yr)***	***O&M ($/yr)***	***Fuel ($/yr)***	***Salvage ($/yr)***	***Total ($/yr)***
PV	23,026	2,387	1,800	0	-1,016	26,198
Hoppecke 12 OPzS 1500	96,390	9,992	120	0	-4,252	102,250

Converter	1,836	2,990	140	0	-81	4,885
System	121,252	15,370	2,060	0	-5,349	133,333

(HOMER, 2011)

En la figura 65 se puede observar lo mencionado en las tablas anteriores gráficamente, donde es más claro que el peso económico del sistema lo lleva la batería seleccionada. En la figura 66 se puede observar el flujo del dinero con el paso de los años, de acuerdo con la inversión, en la que se establece que la amortización se cubriría económicamente después de los 25 años de la operación del sistema.

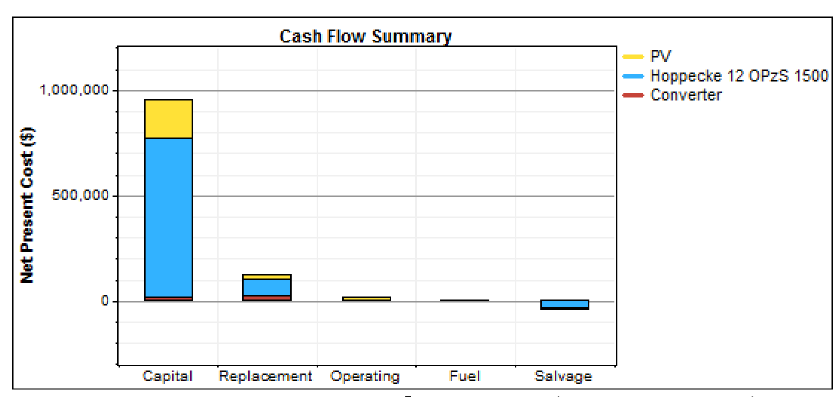


Figura 65. **Costos netos para el presente.** (HOMER, 2011)

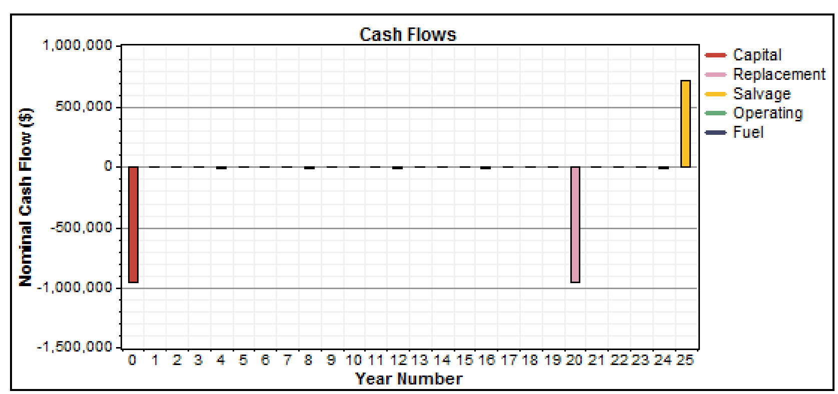


Figura 66. **Costos proyectados en 25 años.** (HOMER, 2011)

En la figura 67 se puede interpretar la eficiencia de los paneles a lo largo del año con el promedio de potencia eléctrica que se predice producirá dependiendo del mes en el que se estudie, tomando en cuenta la cantidad de radiación solar que la

época del año presenta, donde el mejor mes será enero (y muy cerca diciembre) y el peor de los meses Julio.

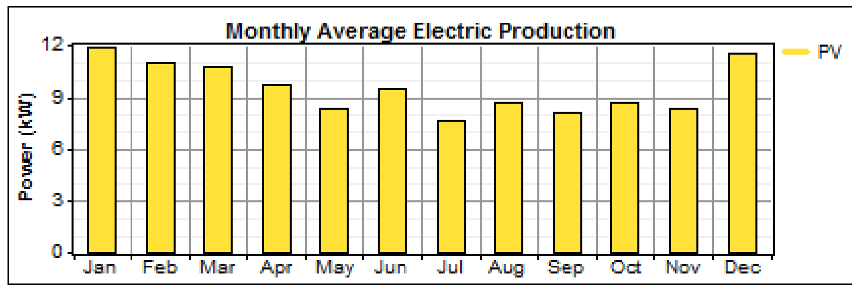


Figura 67. **Gráfica del promedio de electricidad producida durante un año.** (HOMER, 2011)

Selección del Inversor en el mercado

El inversor seleccionado es el modelo 50 de la marca INGECON SUN POWER, (figura 68) recomendado para parques fotovoltaicos con un rango de potencia entre 57 y 65 kWp; que son los valores más cercanos a los del presente caso en la línea de inversores de esta marca. Su potencia nominal es de 50 kW, valor que está por encima del mínimo que HOMER indicó en la combinación óptima. Abarca un volumen de 1,4 m^3. Sus datos técnicos más importantes se pueden observar en las figuras 69 y 70.



Figura 68. **Inversor INGECON SUN POWER.** (INGENCON SUN, 2011)

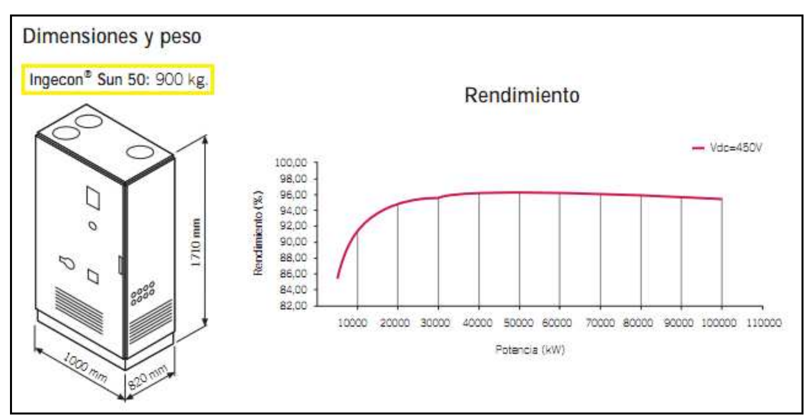


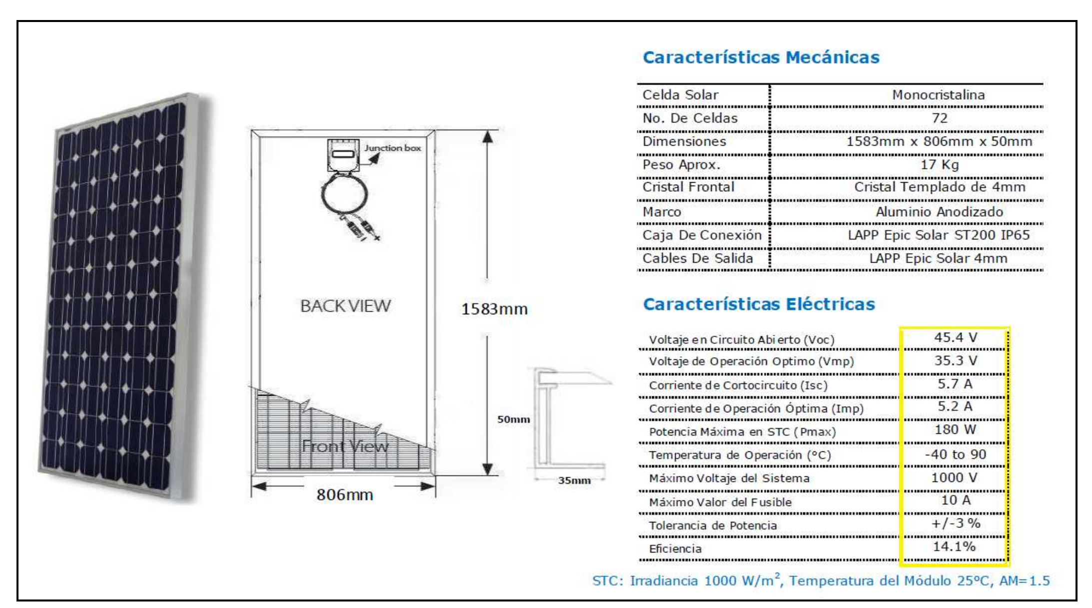
Figura 69. **Dimensiones y eficiencia del inversor**. (INGENCON SUN, 2011)

Modelo	Ingecon® Sun 50
Valores de Entrada (DC)	
Rango pot. campo FV recomendado(1)	57 - 65 kWp
Rango de tensión MPP	405 - 750 V
Tensión máxima DC(2)	900 V
Corriente máxima DC	143 A
Nº entradas DC	4
MPPT	1
Valores de Salida (AC)	
Potencia nominal AC modo HT(3)	50 kW
Potencia nominal AC modo HP(4)	55 kW
Corriente máxima AC	93 A
Tensión nominal AC	400 V
Frecuencia nominal AC	50 / 60 Hz
Coseno Phi(5)	1
THD(5)	< 3%
Rendimiento	
Eficiencia máxima	96,3 %

Figura 70. **Datos técnicos del inversor.** (INGENCON SUN, 2011)

Configuración de los paneles solares

Para establecer la configuración de los paneles y así calcular el área que ocupan en total se seleccionó el módulo solar ERDM-SOLAR 180SM/5, mostrado en la figura 71, fabricado con celdas monocristalinas con una potencia de 180 Wp, diseñado tanto para sistemas conectados a red como sistemas aislados.



Características Mecánicas

Celda Solar	Monocristalina
No. De Celdas	72
Dimensiones	1583mm x 806mm x 50mm
Peso Aprox.	17 Kg
Cristal Frontal	Cristal Templado de 4mm
Marco	Aluminio Anodizado
Caja De Conexión	LAPP Epic Solar ST200 IP65
Cables De Salida	LAPP Epic Solar 4mm

Características Eléctricas

Voltaje en Circuito Abierto (Voc)	45.4 V
Voltaje de Operación Optimo (Vmp)	35.3 V
Corriente de Cortocircuito (Isc)	5.7 A
Corriente de Operación Óptima (Imp)	5.2 A
Potencia Máxima en STC (Pmax)	180 W
Temperatura de Operación (°C)	-40 to 90
Máximo Voltaje del Sistema	1000 V
Máximo Valor del Fusible	10 A
Tolerancia de Potencia	+/-3 %
Eficiencia	14.1%

STC: Irradiancia 1000 W/m^2, Temperatura del Módulo 25ºC, AM=1.5

Figura 71. **Módulo solar seleccionado.** (ERDM-SOLAR, 2011)

Número de paneles. El número de paneles se determina al dividir la potencia pico requerida total por el sistema a abastecer (definido en la combinación óptima por HOMER, es decir, 50.000 W) entre la potencia pico individual de los paneles seleccionados, que es de 180 W. El resultado es un aproximado de 278 paneles en total.

Arreglo en serie y paralelo. En función de escoger el área más pequeña posible sin afectar el funcionamiento del sistema es necesario calcular el número de módulos solares que deben ir conectados en serie y en paralelo. Molina (2009) muestra las expresiones para dichos cálculos:

1. Número de paneles en serie:

$$N^{o}\ paneles\ /\ serie\ =\ \frac{Vmppi}{Vmppp}\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ (8)$$

Donde:

V_{mppi}: Tensión en el punto de trabajo de máxima potencia del inversor.
V_{mppp}: Tensión en el punto de trabajo de máxima potencia del panel.

Si se calcula el número de paneles utilizando la tensión máxima y la mínima que presenta el inversor en la ficha técnica correspondiente se pueden obtener el número máximo y el número mínimo de los paneles en serie, siendo en este caso los siguientes:

$$N^{o}\ paneles\ /\ serie\ =\ \frac{405V}{35{,}3V}\ =\ 12\ paneles\ /\ serie\ mínimo$$

$$N^{o}\ paneles\ /\ serie\ =\ \frac{750V}{35{,}3V}\ =\ 22\ paneles\ /\ serie\ máximo$$

2. Número de paneles en paralelo:

$$N°\ filas\ =\ \frac{Iccmáx}{Iccmáx}\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ (9)$$

Donde:

$I_{ccmáx}$: Corriente continua máxima admisible en el inversor.
I_{mppp}: Intensidad en el punto de trabajo de máxima potencia del panel.

Sustituyendo:

$$N°\ filas\ =\ \frac{143\ A}{5{,}2\ A}$$

N° filas = 28 paneles / máximo

Con base a lo anterior se seleccionó la siguiente combinación: (a) 20 paneles en serie y (b) 14 paneles en paralelo. Al multiplicar ambos resultado se obtuvo un total de 280 paneles, muy cercano al número de paneles a utilizar.

Distancia entre paneles. La distancia entre los paneles en serie es despreciable para el cálculo del área total, a diferencia de la distancia entre los configurados en paralelo, que definen la distancia entre las filas y que debe respetarse para garantizar que la sombra de los paneles continuos debido a la inclinación no obstaculice la llegada de la radiación hacia su superficie.

Para calcular la distancia (D_T) entre paneles en paralelo se utiliza el método de cálculo solar llamado Método de las sombras (Jiménez, 2009) en el cual se utiliza la fórmula 10, planteada a partir de la geometría observada en la figura 72.

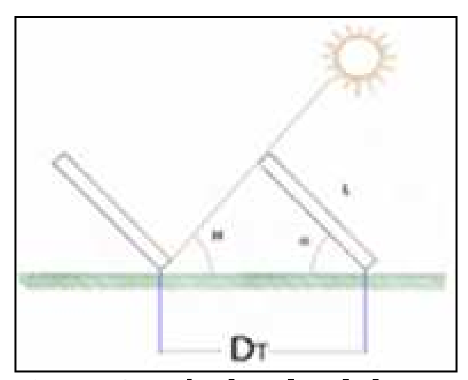


Figura 72. **Método solar de las sombras**. (Jiménez, J. 2009)

En este caso L representa la longitud del panel, que en este caso es igual 1,5m; α es el ángulo de la inclinación del panel (que en este caso sería 15° en el punto fijo) y H viene siendo la diferencia entre 90° y la latitud de la estación, es decir, 82°. Aplicando la fórmula se obtiene que D_T es igual a 1, 79 m.

$$D_T = L \text{ x } [\text{Sen}\alpha \text{ x } (\frac{1}{TgH} + \frac{1}{Tg\alpha})] \text{ .... } (10)$$

Área de la configuración. Para el cálculo del área total necesaria para disponer adecuadamente los paneles se tomarán las distancias señaladas en la figura 73:

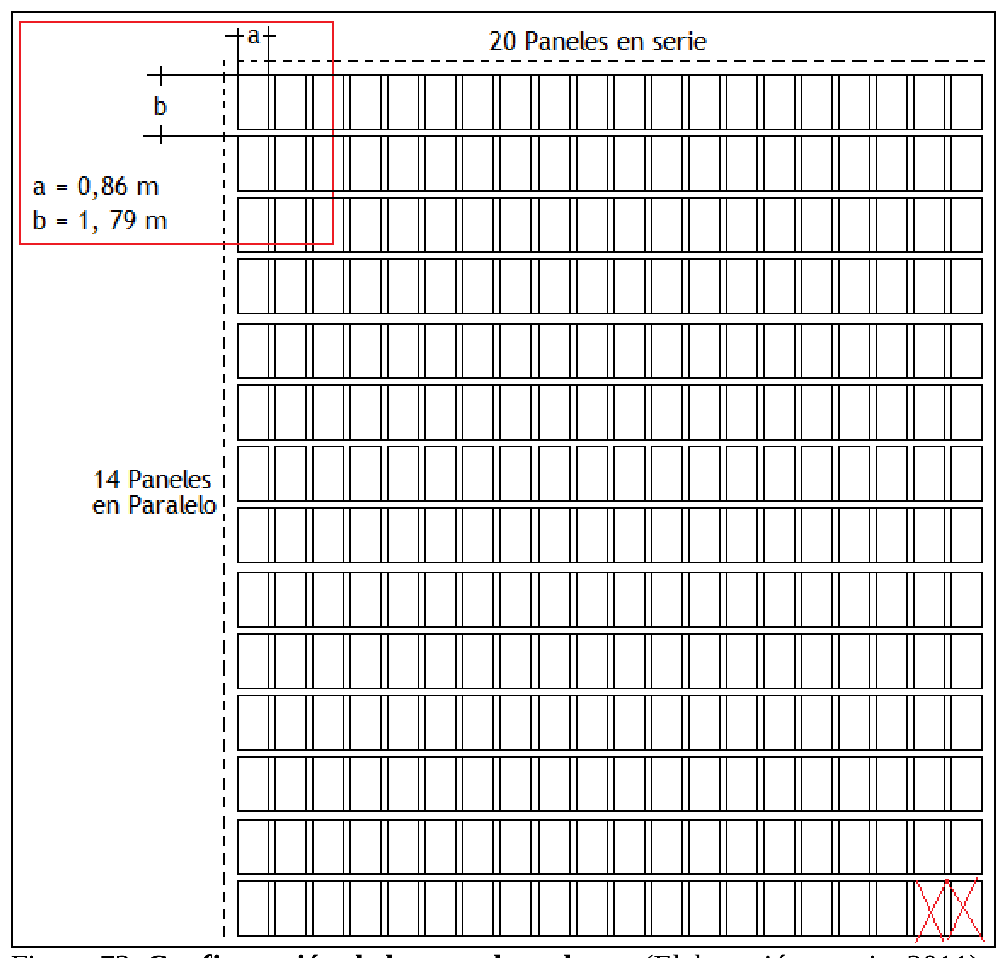


Figura 73. **Configuración de los paneles solares**. (Elaboración propia, 2011)

Con los valores anteriores es posible aplicar la siguiente fórmula:

$$\textit{Área Total Módulos} = (20 \textit{ paneles} * a) * (14 \textit{ paneles} * b) \text{ ....(11)}$$

Sustituyendo en la fórmula el área requerida por la configuración de los paneles solares estimada resulta 431m^2, es menor al área disponible en el techo de la estación (aproximadamente 520 m^2), lo que indica que el factor espacio no representa un problema a la hora de la aplicación del sistema fotovoltaico.

Otros elementos:

Los elementos secundarios del sistema, como son: conductores, protecciones, breaker, elementos de puesta en tierra, cableado y soportes de los módulos, serán seleccionados dependiendo de las decisiones finales de los elementos tentativamente escogidos, así como de su ubicación, tomando en cuenta las debidas normas de seguridad y recomendaciones de sus fabricantes.

Análisis Ambiental:

Desde el punto de vista de la implantación de un sistema fotovoltaico en "La Aguada" difícilmente tiene impactos negativos en el ambiente. Si se analiza por factores ecológicos, se puede señalar que:

Suelo. No se ve afectado debido a que el componente de mayor importancia, los paneles, no se disponen en ningún terreno de la zona, si no en su estructura, además el resto de los componentes tendrán lugar en espacios que pertenecen directamente a la estación, sin afectar ningún lugar en el entorno que no haya sido afectado por la empresa antes.

Atmósfera. Debido a que es una energía que no necesita de combustible no generará emisiones de CO_2 al ambiente. Al contrario, contribuirá a la disminución de producción de gases de efecto invernadero del país, que actualmente presenta un índice importante de producción de gases tóxicos para la atmósfera, en el margen de Latinoamérica.

Ruido y afectación del paisaje. Debido a que la propuesta arquitectónica de la estación presenta una fachada con una ambiciosa creatividad será interesante el juego del techo con los módulos solares, sin interrumpir la panorámica paisajista de la

Sierra que rodea la estación, a diferencia de los cables en el tendido eléctrico convencional. El ruido tampoco será un factor que afecte la dinámica de "La Aguada" debido a que estos sistemas son silenciosos.

Flora y fauna. La única especie que podría verse afectada es la del conjunto de aves que sobrevuelan el entorno de la estación, pero de manera positiva, ya que al evitar el uso del tendido eléctrico, es menos probable la interrupción de ciclos naturales de estos animales. El impacto ambiental sobre la flora es nulo.

Medio social. Por estar en el margen del Parque Nacional Sierra Nevada, la instalación de estos sistemas tiene un aporte significativo en la conservación de áreas de protección nacional, ya que además de compensar algunos de los daños en el ambiente originados por el proyecto, convierte al parque y al Sistema Teleférico en un ejemplo tecnológico ante la sociedad, promoviendo el uso inteligente de la energía e informando a la comunidad sobre las ventajas ecológicas del desarrollo sostenible. Adicional a esto, la aplicación de este proyecto generaría empleo, por lo que la calidad de vida, indirectamente, se vería positivamente influenciada.

Análisis económico:

Para interpretar los resultados obtenidos desde el punto de vista de la inversión se debe realizar una comparación a nivel económico para la situación antes y después de realizarse la misma, y para ello es necesario comprender la dinámica económica del sector energético nacional. Los costos exactos de ambos sistemas enérgeticos vienen dados por cifras pertenecientes a inversiones complejas, que involucran actividades imposibles de especificar, por lo que a continuación se presentará un estimado de costos de ejecución para ambos, solo para tener un indicio de información en cuanto a la rentabilidad de cada uno de ellos en el pais.

Las tarifas residenciales presentadas en una factura de electricidad entregada por la Corporación Eléctrica Nacional ó CORPOELEC (empresa operadora estatal encargada de la realización de las actividades de Generación, Transmisión, Distribución y Comercialización de potencia y energía eléctrica) muestran que el

precio actual de 1 kWh está alrededor de 0,07 Bs por Gaceta Oficial (desde el año 2002) y para tarifas preferenciales, según sea el caso, más de 2 Bs por kVA, ó kW tomando un factor de potencia igual a 1.

Lo curioso de estas tarifas establecidas es que no se han elevado con el pasar de los años a pesar de que la demanda eléctrica se ha incrementado (figura 74) y que la economía nacional en general ha cambiado significativamente con el aumento de la inflación y el crecimiento demográfico durante la última década. Además de estas razones, dichos costos de bolívares por potencia eléctrica requerida por sectores específicos de la sociedad no revelan la verdadera inversión económica que debe ejercer el estado para su producción.

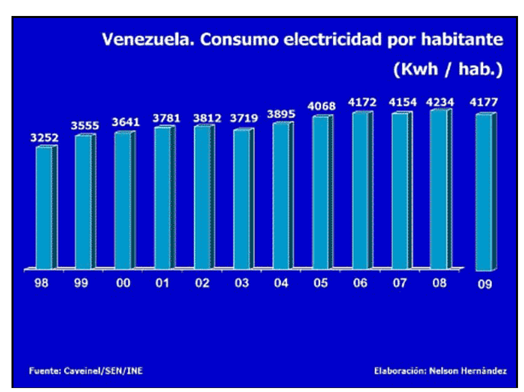
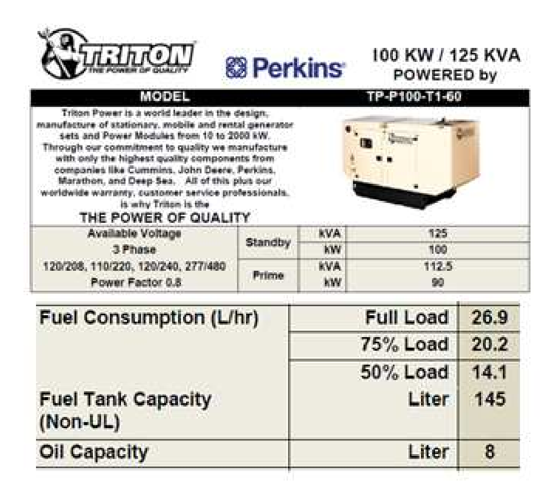


Figura 74. **Consumo de electricidad por habitante en Venezuela**. (Hernández, 2009)

El estado, como en algunos otros países, subsidia un porcentaje del costo real de la energía para que el venezolano pague menos de lo que realmente debería. Este porcentaje involucra costos de transporte y generación de la electricidad dependiendo de la fuente energética que se esté considerando, que, en el caso de Venezuela predomina la hidroeléctrica.

Para estimar los costos reales de producción de energía en el país se tomará como referencia lo que cuesta producir energía en una planta eléctrica de combustible diesel. En efecto, una planta con las especificaciones señaladas en la figura 75 se puede conseguir por un precio de 16.999 $ estadounidenses, con un consumo de 26,9

$\frac{L}{h}$ de combustible, traducido a 62.257,32 $\frac{Gal}{año}$ en un periodo de tiempo completo de trabajo.



MODEL	TP-P100-T1-60
Triton Power is a world leader in the design, manufacture of stationary, mobile and rental generator sets and Power Modules from 10 to 2000 kW. Through our commitment to quality we manufacture with only the highest quality components from companies like Cummins, John Deere, Perkins, Marathon, and Deep Sea. All of this plus our worldwide warranty, customer service professionals, is why Triton is the THE POWER OF QUALITY	

Available Voltage 3 Phase 120/208, 110/220, 120/240, 277/480 Power Factor 0.8	Standby	kVA	125
		kW	100
	Prime	kVA	112.5
		kW	90

Fuel Consumption (L/hr)	Full Load	26.9
	75% Load	20.2
	50% Load	14.1
Fuel Tank Capacity (Non-UL)	Liter	145
Oil Capacity	Liter	8

Figura 75. **Planta eléctrica** (Gopower, 2011)

Tomando en cuenta que el DIESEL está actualmente a un precio de 3,82 $\frac{\$}{Gal}$ registrado en la página web: www.eia.gov/oog/info/gdu/gasdiesel.asp, y sin tomar sin tomar en cuenta el incremento de precios y de demanda en el tiempo y costos de transporte y elementos secundarios, durante 25 años la producción 100 KVA con esta planta eléctrica se puede describir a nivel de inversión en la siguiente gráfica (Figura 76):

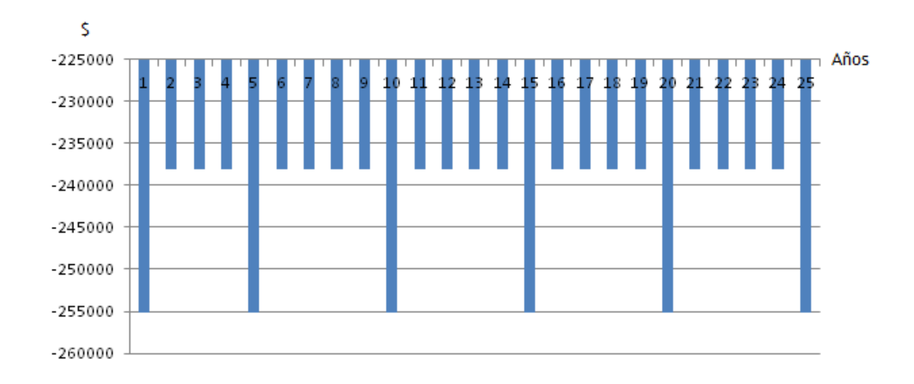


Figura 76. **Inversión en producción de energía con planta eléctrica de combustible diesel, sin considerar incrementos de costos en el tiempo.** (Elaboración propia, 2011)

Los gastos son constantes por la responsabilidad inevitable de inversión en combustible y por el tiempo de vida útil tan corto de estos aparatos, comparados con la tecnología solar. Al observar este costo de producción con el total estimado para el sistema preliminar diseñado resalta un nivel de competencia económica considerable tomando en cuenta que ambas inversiones son realizadas por el estado, lo que quiere decir que el estado puede considerar invertir en sistemas fotovoltaicos si toma en cuenta todas las ventajas mencionadas anteriormente, a pesar de que en costos siga siendo menos rentable que los convencionales.

El mercado de los sistemas fotovoltaicos se hace cada año más competitivo porque está abarcando a nivel mundial un espacio interesante en los países más importantes, por ello cada vez surgen más empresas e ideas. Con el tiempo serán más factibles a nivel mundial y sus cifras de amortización se harán más convenientes a la hora de tomar en cuenta las consideraciones económicas. De igual manera, con el panorama energético nacional se hará necesario el aumento de la tarifa establecida de un momento a otro, por lo que se hará necesaria la aplicación de esta energía renovable en el futuro.

Alternativa de diseño para posible aplicación:

Tomando en cuenta que el obstáculo principal para la aplicación de este sistema sería del tipo económico se sugiere un diseño menos ambicioso pero que cubra una de las áreas más importantes de la estación: El Museo; con una demanda promedio de 44 $\frac{kWh}{d}$, y 3,4 kW (pico), como se observa en la figura 77. La intención de esta propuesta es ejecutar una fase experimental de implantación del sistema, que permitan una observación de las ventajas de los sistemas fotovoltaicos.

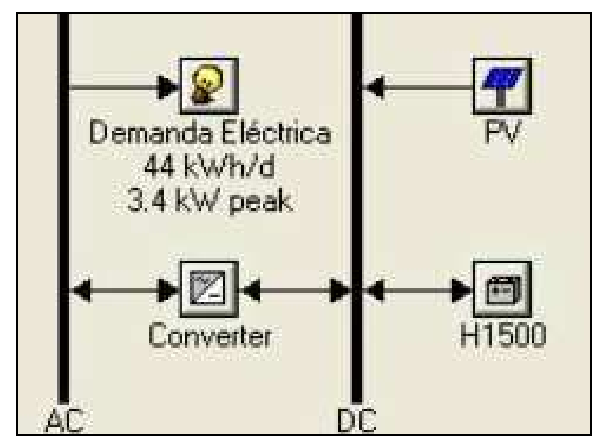


Figura 77. **Arquitectura del sistema, para el museo.** (HOMER, 2011)

Siguiendo los mismos pasos anteriores para el diseño general, pero ahora insertando en HOMER los datos de demanda eléctrica exclusivamente del nivel museo (Anexos I) el software arrojó los siguientes resultados mostrados en la figura 78:

Sensitivity Results | Optimization Results

Double click on a system below for simulation results. (•) Categorized ( ) Overall

	PV (kW)	H1500	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost ($/yr)	Total NPC	COE ($/kWh)	Ren. Frac.
	30	36	10	$ 138,240	3,603	$ 166,501	1.322	1.00

Figura 78. **Combinación óptima del simulador**. (HOMER, 2011)

Aplicando la misma metodología de cálculo, y tomando los mismos modelos y marcas para los componentes (a excepción del inversor, cuya descripción técnica está explícita en la figura 79) se obtuvieron los siguientes valores para la configuración de los paneles solares:

Número de paneles totales: 167

Número de paneles en serie: 21

Número de paneles en paralelo: 8

Área de la configuración: 320m^2

Modelo	Ingecon® Sun 25
Valores de Entrada (DC)	
Rango pot. campo FV recomendado[1]	29 - 33 kWp
Rango de tensión MPP	405 - 750 V
Tensión máxima DC[2]	900 V
Corriente máxima DC	71 A
Nº entradas DC	10
MPPT	1
Valores de Salida (AC)	
Potencia nominal AC modo HT[3]	25 kW
Potencia nominal AC modo HP[4]	27,5 kW
Corriente máxima AC	50 A
Tensión nominal AC	400 V
Frecuencia nominal AC	50 / 60 Hz
Coseno Phi[5]	1
THD[5]	< 3%
Rendimiento	
Eficiencia máxima	94,90%
Euroeficiencia	93,30%

Figura 79. **Datos del nuevo inversor escogido.** (INGENCON SUN, 2011)

Al reducirse la demanda energética también disminuyó el espacio mínimo requerido, y los costos de energía y de inversión inicial. Con estos resultados se hace factible la implementación de un sistema fotovoltaico en el área del museo. Esta alternativa de solución, ante los obstáculos en el diseño original presenta las siguientes ventajas:

Oportunidad de evaluación. Si se planifica un alcance del sistema fotovoltaico más reducido que el planteado para toda la estación, es decir, si se selecciona un área pequeña dentro de una estación, es posible estudiar por un tiempo determinado la eficiencia de los paneles, lo que daría oportunidad a un estudio de su comportamiento y su eficiencia con resultados en tiempo real, antes de tomar la decisión de implementación en cualquier otra de las áreas de la empresa.

Tiempo de crecimiento del mercado de productos fotovoltaicos. Mientras se evalúa el sistema fotovoltaico aplicado, existe mayor posibilidad de que los componentes solares reduzcan en costos significativamente, lo cual haría más accesible económicamente la inversión en cada fase, además de la evolución de las tecnologías que incrementan las capacidades y las eficiencias de los mismos.

Muestra al público. Por estar localizado en el museo, todo lo relacionado a la intención de información al público acerca de cómo la empresa está encaminada en el desarrollo sostenible e innovación tecnológica, tendría lugar importante durante los primeros años de operación al finalizar la modernización, punto clave para la imagen del Sistema Teleférico ante el turista nacional e internacional.

Medida compensatoria de otros impactos ambientales. Dado que el proyecto de modernización ha requerido de actividades causantes de algunas afectaciones en el entorno ambiental y social en la zona de influencia, la implementación de los módulos solares afirma que se está tomando en cuenta de una manera u otra todos los factores ambientales a la hora de tomar acciones que causen un nivel de daño ambiental.